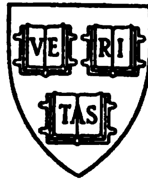
HARVARD UNIVERSITY



LIBRARY

OF THE

Museum of Comparative Zoölogy

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME XIV.

7e LIVRAISON DE 1898.

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

1898

TABLE DES MATIÈRES.

JUILLET.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

BULLETIN.

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Mai.

TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES

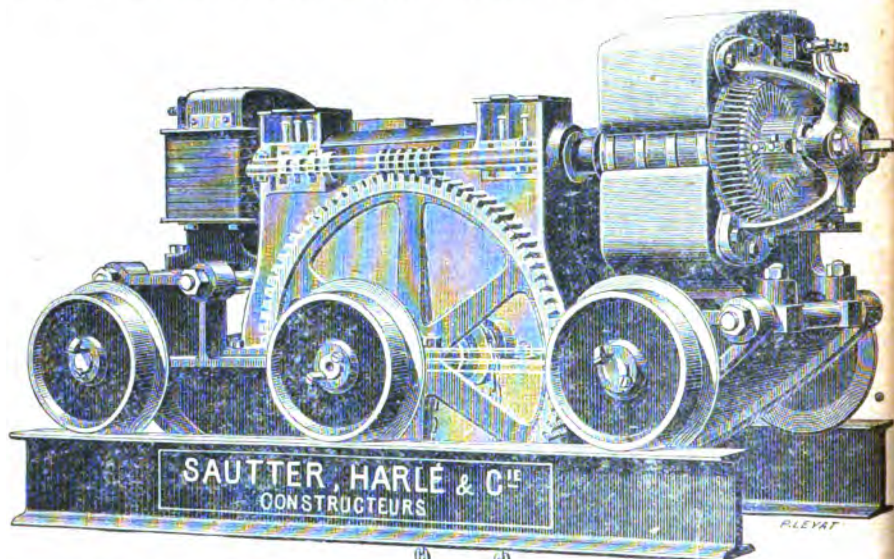
ÉLECTROMOTEURS DE TOUTES PUISSANCES

1/2 cheval à 1.000 chevaux

APPLICATIONS DANS LES MINES ET USINES MÉTALLURGIQUES

POUR LA COMMANDE DES

POMPES, VENTILLATEURS, LOCOMOTIVES, APPAREILS DE LEVAGE, ETC., ETC., ETC.





APPLICATIONS

DE LA COMMANDE ÉLECTRIQUE

AUX TRANSBORDEURS DE

150 TONNES

60 TONNES

30 TONNES

DES USINES DE SAINT-CHAMOND

50 TONNES

Des établissements **MARREL Frères**

15 TONNES

DE M. SULFORT & FOCKEDEEY

6 TONNES

DES FORGES DE DENAIN & D'ANZIN

TRANSFORMATIONS DE COMMANDE PAR CABLE

EN COMMANDE ÉLECTRIQUE

AUX TRANSBORDEURS DE

75 TONNES — **DES USINES DE SAINT-CHAMOND**

30 TONNES — **DES ACIÉRIES DE LONGWY**

SAUTTER, HARLÉ & Cie

PARIS — 26, Avenue de Suffren, 26 — PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889

2 MÉDAILLES D'OR

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MATÉRIEL pour MINES

VENTILATEURS syst. GENESTE-HERSCHER

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR MINES, FORGES, FONDERIES, SOUFFLAGE SOUS GRILLES, ETC.

RENDEMENT GARANTI SUPÉRIEUR A CELUI DE N'IMPORTE QUEL APPAREIL SIMILAIRE CONNU A CE JOUR.

COMPRESSEURS D'AIR A SOUPAPES A INJECTION

Compresseurs d'air, syst. Burckhardt et Weiss à sec.

APPAREILS A AIR COMPRIMÉ

PERFORATEURS ET BOSSEYEUSES

Syst. DUBOIS & FRANÇOIS. — Breveté S. G. D. G.

HAVEUSE BLANZY

TREUILS POUR EXTRACTION ET FONÇAGE

A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ ET ÉLECTRIQUES

5 types différents

MACHINES D'EXTRACTION ET TREUILS DE SECOURS

TREUILS MUS PAR TURBINES.

POMPES FRANÇAISES A ACTION DIRECTE

POMPES A COURROIES

Pompes Hélico-Centrifuges. Système MAGINOT & PINETTE

POMPES ÉLÉVATOIRES

POUR ÉPUISEMENTS DANS LES MINES, ÉLÉVATION D'EAU

pour Villes et Usines, etc.

Nombreuses Références. — La machine d'épuisement fournie aux houillères de Rochebelle, est comprise pour élever 100 mètres cubes à l'heure à une hauteur totale de 250 mètres d'un seul jet ; son poids a dépassé 40.000 kilos.

CRIBLE GIRATOIRE SYST. COXE, BTÉ S. G. D. G.

POUR HOUILLES, MINERAIS, ETC., ETC.

PRODUCTION CONSIDÉRABLE DANS UN APPAREIL DE DIMENSIONS RESTREINTES

CASSE-COKE — CASSE-CHARBON — CHAINES A GODETS

LAVOIRS, TRIAGES, CRIBLAGES, DÉSCHISTAGES

TRAINAGES MÉCANIQUES, VAGONNETS ET VOIES PORTATIVES

CHEVALEMENTS METALLIQUES, CHARPENTES EN FER, MOLLETTES

Cages d'Extraction Fer ou Acier avec Parachute

PALIERS A ROTULES ROQUEL, ÉVITANT LE FROTTEMENT DES CABLES SUR LES JOUES DES MOLLETTES

MACHINES & CHAUDIÈRES A VAPEUR

LOCOMOBILES, TRANSMISSIONS, GROSSE CHAUDRONNERIE

DEVIS ÉTUDES D'INSTALLATIONS, RENSEIGNEMENTS

CATALOGUES SUR DEMANDE

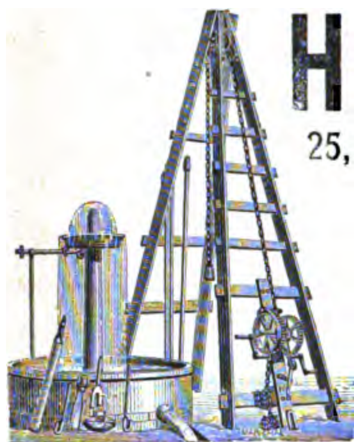
G. PINETTE ✻ CHALON-S.-SAONE (FRANCE)

MAISON FONDÉE EN 1830

Personnel — 250 Ouvriers

Surfaces occupées par les Usines : 25.000 mètres

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE FORAGES ET SONDAGES



H. BECOT Ing[r] civil (A. et M.)

25, rue de la Quintinie, PARIS-VAUGIRARD

RECHERCHES D'EAU

De Mines, Pétrole, Sel, etc.

PUITS ARTÉSIENS, PUITS ABSORBANTS

PUITS D'AÉRAGE

Consolidations par injections de ciment

ÉTUDES DE TERRAINS

FORAGES A GRANDES SECTIONS

CAPTAGE DE SOURCES

VENTE D'APPAREILS ET OUTILS DE SONDAGES

Pour Missions scientifiques, Entreprises coloniales, etc.

A LOUER

MAISON FONDÉE EN 1863

L. DUMONT

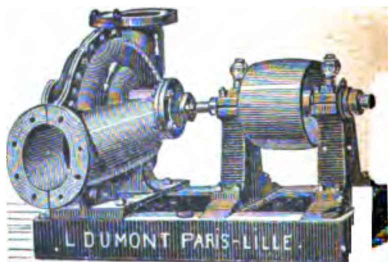
PARIS, 55, rue Sedaine

LILLE, 100, rue d'Isly

POMPES CENTRIFUGES

MÉDAILLE D'OR

EXPOSITION UNIVERSELLE 1889



APPLICABLE AUX MANUFACTURES EN GÉN AL

ET POUR TRAVAUX D'ÉPUISEMEN

POMPES, CONJUGUÉES POUR GRANDES ÉLÉV. IONS

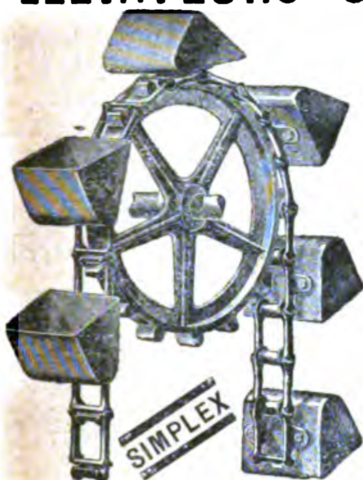
SUPÉRIORITÉ JUSTIFIÉE

PAR

8.500 APPLICATIONS

Envoi franco du Catalogue

ÉLÉVATEURS & TRANSPORTEURS



avec Chaînes simplex

SYSTÈME BAGSHAWE

Brevetées S. G. D. G.

GODETS TOLE D'ACIER

VIS D'ARCHIMÈDE

APPAREILS POUR DÉCHARGEMENTS DE BATEAUX

TRANSMISSIONS

MARQUE DÉPOSÉE

A. PIAT et ses FILS

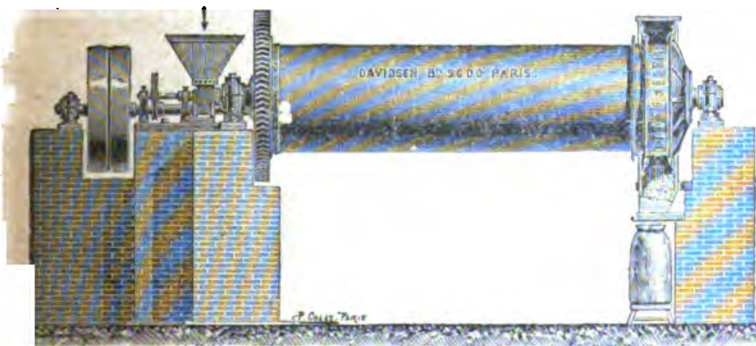
INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

PARIS. — 85, rue Saint-Maur. — PARIS

DAVIDSEN, INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS, 118, Rue Lafayette, 118, PARIS

Suppression de la poussière



Suppression du blutage

BROYEURS SPÉCIAUX

OUR MINERAIS, QUARTZ ET MATIÈRES DURES

Don t ÉCONOMIQUEMENT une GRANDE FINESSE et un GRAND RENDEMENT



ANCIENNES MAISONS

BROQUIN & LAINE — THIÉBAUT & FILS — BERGÈS & FILS
LEHMANN FRÈRES

MULLER* & ROGER

108, *Avenue Philippe-Auguste*, PARIS

Fonderie de Bronze et de Cuivre

APPAREILS ACCESSOIRES
DES
MACHINES ET CHAUDIERES A VAPEUR

PURGEURS AUTOMATIQUES

INJECTEURS

Détendeurs — Graisseurs

SOUPAPES DE SURETÉ

POMPES

ROBINET BI-VALVE BREVETÉ S.G.D.G.
adopté par la Marine Française

Sur demande envoi des catalogues et prix courants

MAÇONNERIE ET FUMISTERIE INDUSTRIELLES
Entreprise générale de construction et d'installation d'usines
CONSTRUCTION DE CHEMINÉES EN BRIQUES ET EN TOLE

TÉLÉPHONE 402.61

Min DEROCHE

TÉLÉPHONE 402.61

PARIS — 21, rue Labois-Rouillon, 21 — PARIS

FOURNEAUX DE GÉNERATEURS — MASSIFS DE MACHINES
SPÉCIALITÉ DE RÉSERVOIRS EN CIMENT ARMÉ
Devis sur demande

A LOUER

Voir l'annonce de la **Société Française pour la fabrication des Corps Creux** page 11

SOCIÉTÉ ANONYME

HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MINES

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS ET CHARBONS

VOIR L'ANNONCE J.-J. HEILMANN. PAGE 9

FOYERS MELDRUM

BREVETÉS S. G. D. G.

Protégés par des marques de fabrique et par plus de 22 BREVETS dans tous les pays

MARQUE DE FABRIQUE

DÉPOSÉE.

FACILEMENT ADAPTÉS DANS 24 A 48 H. A TOUS LES SYSTÈMES CONNUS DE CHAUDIÈRES ET FOURS

Efficacité extraordinre combinée avec la plus grande simplicité

NI VENTILATEUR, NI MACHINE MOTRICE

Les Grilles conservées plusieurs années

Pas de Réparation. - Pas de Hautes Cheminées nécessaires

Utilisation des Combustibles les plus pauvres, comme Poussières de Charbon et de Coke, Résidus de lavoirs à Charbons, Cendres de fours métalliques, etc. — Plus de 50 0/0 d'économie souvent obtenue et pouvoir d'évaporation accru de 25 à 100 0/0, suivant des certificats des autorités françaises les plus connues.

PLUS DE 6.000 FOYERS MELDRUM

Installés depuis 1890, fonctionnant à toute satisfaction dans les Usines à Gaz, Houillères, Filatures et Tissages, Etablissements Métallurgiques, électricité, etc.

ENTRE AUTRES :

Société Cockerill, à Seraing, en Belgique. — 7 installations.
MM. Jules Chagot et Cie, Mines de Blanzy, à Montceau-les-Mines, en France. — 79 installations.
La Compagnie du Chemin de fer du Nord, à Paris. — 15 installations en sept mois.
La Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, à Paris. — 1 installation.
La Compagnie Electrique du secteur de la Rive gauche, de Paris. — 2 installations.
La Compagnie de Béthune, à Bully. — 8 installations.
La Société des Charbonnages du nord du Flénu, à Ghlin, en Belgique. — 2 installations.
La Compagnie des Mines de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux. — 3 installations.
La Maison Breguet, à Paris. — 2 installations.

Pour tous renseignements, s'adresser à MELDRUM Frères

Représentant : **F.-A. NOEL.** — Bureau : 5, rue Greffulhe. — Usine : 22, avenue d'Argenteuil, Asnières (Seine).

ETS D'INVENTION

C. BLÉTRY Aîné, Ingénieur-Conseil.
Successeur de **BLÉTRY Frères,** maison fondée en
2, *Boulevard de Strasbourg.* — *PARIS.*

Directeur des travaux : M. C. Blétry, ancien élève de l'École Polytechnique.

ANNALES

DES MINES

Les **Annales des Mines** sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une Commission spéciale, nommée par le Ministre des Travaux publics. Cette Commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le directeur du personnel et de la comptabilité, est composée ainsi qu'il suit :

MM.

Linder, inspecteur gén. des mines, *président*.
Haton de la Goupillière, insp. gén., direct de l'Ecole sup. des mines.
Orsel, inspecteur général.
Lorieux, d°
Peslin, d°
Vicaire, inspect. gén., professeur à l'Ecole supérieure des mines.
Carnot, insp. gén., inspecteur de l'Ecole supérieure des mines.
Aguillon, insp. gén., professeur à l'Ecole supérieure des mines.
Keller, insp. gén., secrétaire de la Commission de la statistique de l'industrie minérale.
Worms de Romilly, insp. gén.

MM.

Nivoit, inspecteur général.
Cheysson, insp. gén. des ponts et chaussées, professeur à l'Ecole supérieure des mines.
Potier, ingénieur en chef, prof. à l'Ecole supérieure des mines.
Douvillé, d°
Bertrand, d°
Le Chatelier, d°
Lodin, d°
Sauvage, d°
Humbert, d°
Termier, d°
Pellé, ing. des mines, professeur à l'Ecole superieure des mines.
De Launay, d°
Zeiller, ingénieur en chef, *secrétaire de la Commission*.

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des Annales des Mines pour être envoyés soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la Commission des Annales des Mines.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé 10 francs par planche et par cent exemplaires ou fraction de centaine. Les planches extraordinaires sont payées au prix de revient.

Le brochage, y compris couverture imprimée et faux frais, est payé, pour une feuille seule ou une fraction de feuille, 3 francs le premier cent et 1f,25 pour chaque centaine ou fraction de centaine en plus. Pour chaque planche, ou chaque nouvelle feuille de texte, il sera payé 0f,25 par chaque centaine d'exemplaires.

La publication des Annales des Mines a lieu par livraisons, qui paraissent tous les mois.

Les douze livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 120 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'Etranger.

Tours. — Imprimerie Deslis Frères.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME XIV.

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Grands-Augustins, 49

—

1898

ANNALES

DES MINES

LE
BASSIN CRÉTACÉ DE FUVEAU
ET LE
BASSIN HOUILLER DU NORD

Par M. MARCEL BERTRAND, Ingénieur en chef des Mines,
Membre de l'Institut.

On est souvent ramené par des voies différentes à l'étude des mêmes questions. C'est ce qui vient de m'arriver dans des recherches entreprises à propos de la galerie à la mer des Charbonnages des Bouches-du-Rhône. J'ai trouvé que le bassin crétacé de Fuveau présentait, sur son bord méridional, une structure presque identique à celle du bassin houiller du Nord. Rien n'y manque : la faille d'Abscon, la faille limite et la grande faille du Midi, tous les grands traits ont leur analogue ; on retrouve le lambeau d'Abscon et celui de Denain ; on dirait presque la reproduction d'un ancien modèle. Sans doute il y a quelques différences de détail ; mais les ressemblances sont si grandes que l'étude d'un des bassins peut aider à comprendre l'autre. Et en particulier celui du Midi, où les couches sont bien découvertes, sur lequel il n'y a pas de manteau discordant, jette un jour précieux sur certaines parties encore discutées du bassin du Nord. J'expo-

serai d'abord les faits relatifs à la région de Fuveau, je les comparerai ensuite à ceux de la région de Valenciennes, et je profiterai de cette occasion pour discuter les objections que M. Chapuis (*) a faites à mon dernier travail.

I. — Bordure du bassin de Fuveau.

Le bassin de Fuveau a été, ici même, en 1883, l'objet d'une remarquable étude de M. Villot, alors ingénieur en chef des Mines à Marseille (**). Les faits relevés par les exploitations y sont très clairement exposés et interprétés avec une grande sagacité ; mais l'étude géologique de la bordure jurassique et crétacée n'avait encore été faite qu'à grands traits ; il était difficile d'en tirer parti, et il y avait là une lacune inévitable dans une description d'ensemble.

La bordure a été pour la première fois étudiée en détail par M. Collot, qui a tracé, pour la carte géologique détaillée, les contours de la feuille d'Aix. M. Collot a bien reconnu et figuré exactement les principales singularités de la région, les fréquentes suppressions de couches, qui, dans sa première minute, sont accusées par des traits de faille, l'étrange bande de trias, qui, comme jetée au travers des terrains les plus variés, va se terminer avec sa plus grande largeur au milieu d'une bande aptienne, la petite traînée de poudingues qu'il a justement attribuée au crétacé supérieur et qui se montre partout encadrée entre des terrains beaucoup plus anciens. M. Collot, avec qui j'ai eu le plaisir de parcourir alors la région, jugeait qu'il y avait là des faits inexpliqués et jusqu'à nouvel ordre

(*) *Annales des Mines*, août 1895.
(**) *Annales des Mines*, août 1883.

inexplicables. Dans une publication postérieure (*) il a seulement fait ressortir le caractère général de renversement vers le nord, qui s'accuse dans les différentes coupes.

Plus récemment (**) M. C. Fournier a cru expliquer toutes ces singularités en invoquant des failles plus ou moins verticales, à contours sinueux, entourant des massifs en forme de dômes ou de cuvettes, dont les parois, hautes de plusieurs centaines de mètres, seraient comme taillées à l'emporte-pièce. La forme seule des massifs ainsi isolés suffirait pour écarter cette interprétation, qui d'ailleurs n'expliquerait aucune des coupes de détail que j'aurai à citer. Les faits nouveaux indiqués dans la note de M. Fournier ne se sont pas, comme je l'ai dit autre part (***), trouvés d'accord avec mes observations.

Avant de reprendre, cet hiver, l'étude de la région, j'avais été frappé du fait que les contours du trias sur la carte de M. Collot, difficilement explicables s'il s'agit de terrains amenés en saillie, auraient, au contraire, une forme très naturelle s'il s'agissait des bords d'une cuvette enfoncée dans les terrains sous-jacents. La remarquable coupe du tunnel de la Nerthe, donnée dès 1861 par M. Matheron (****), fournit un point de comparaison, puisqu'elle traverse la continuation de la même bordure, et cette comparaison mène à se demander si la bande de terrains où l'on trouve les associations et les contacts anormaux signalés plus haut ne serait pas *une nappe de recouvrement*, superposée à des couches plus récentes et plissée postérieurement, au lieu d'être restée à peu près horizontale, comme dans les exemples les plus ordinaires. On verra plus loin que cette hypothèse est confirmée

(*) *Bull. Soc. géologique*, 3e série, t. XIX, p. 1135-1140.
(**) *Bull. Soc. géologique*, 3e série, t. XXIV, p. 255 (avril 1896).
(***) *Bull. Soc. géologique*, 3e série, t. XXVI, p. 48 (février 1898).
(****) *Bull. Soc. géologique*, 2e série, t. XXI, pl. VII.

aussi bien par l'ensemble que par le détail des observations.

Je dois commencer naturellement, avant de décrire la bordure, par donner une idée d'ensemble sur la composition et la structure du bassin. Je tiens, en le faisant, à remercier particulièrement M. Vasseur, professeur à la Faculté de Marseille, qui poursuit depuis plusieurs années une étude détaillée sur ce bassin, qui m'a aimablement communiqué les importants résultats de ses recherches, et qui m'a, avec M. Repelin, accompagné dans une partie de mes courses. M. Vasseur et M. Repelin ont bien voulu, à plusieurs reprises, compléter par de nouveaux renseignements les coupes que nous avions vues ensemble, et m'indiquer plusieurs rectifications de détail. C'est un plaisir pour moi de reconnaître ce que je dois à leur collaboration.

Structure générale du bassin. — Massif de Regaignas. — Le bassin de Fuveau est formé par les assises puissantes du système fluvio-lacustre, qui a terminé en Provence la série crétacée, et qui s'est prolongé, avec dépôts plus calcaires, pendant tout l'éocène. Je donne ici la coupe que M. Matheron a déjà fait connaître, il y a près de quarante ans, et que les recherches ultérieures, non plus que les travaux de mines, n'ont pas modifiée d'une manière sensible (*) :

Éocène	supérieur :	Calcaire de Saint-Pons.
	moyen :	Calcaire du Montaiguet à *Bulimus Hopei*.
	inférieur :	Calcaire de Langesse à *Physa Draparnaudi*. Calcaire de Saint-Marc à *Physa prisca* et poudingue de la Galante.

(*) Je n'ai pas étudié personnellement le détail de ces terrains. La limite du crétacé et du tertiaire, qui a été souvent discutée, n'est pas mise dans le tableau ci-joint à la même place que dans les feuilles parues de la carte géologique. J'ai suivi à ce sujet les idées de M. Vasseur.

Série fluvio-lacustre (danien et campanien). 900 mètres	Argiles rutilantes et grès de Vitrolles (vitrollien, 200 mètres). Calcaire de Rognac, à *Melania armata* (rognacien, 80 mètres). Argiles et grès à reptiles (270 mètres). Grès et calcaires de la Bégude, à *Anastoma rotellaria* (bégudien, 350 mètres). Calcaires marneux de Fuveau, à *Corbicula gallo-provincialis* (fuvélien, 200 mètres). Marnes et calcaires à taches noires, à *Melanopsis gallo-provincialis* (valdonnien, 80 mètres).
Série saumâtre.	Marnes et calcaires à *Renauxia* (*Turritella*) *Coquandi*. Marnes à *Ostrea acutirostris*.
Série marine (santonien).	Calcaires marneux à *Lima marticensis*, *Ammonites polyopsis*. Calcaires à hippurites.

Les couches de houille exploitées se trouvent toutes dans le fuvélien. Je renvoie pour les détails au mémoire de M. Villot. J'indique seulement ici le nom des différentes couches, leur épaisseur moyenne et la distance qui les sépare :

	Épaisseur moyenne.	Distance moyenne à la base du bégudien.
Mine de Gréasque	0m,25	0 mètre
— des Deux-Pans	0 ,25	80 —
— de l'Eau	0 ,30	90 —
— du Gros-Rocher	0 ,55	120 —
— de Quatre-Pans	0 ,60	130 —
Mauvaise-Mine	0 ,40	165 —
Grande-Mine	1 ,60	175 —

La Grande-Mine forme la base, et la mine de Gréasque le sommet du fuvélien. Dans les autres étages on cite encore une petite couche à la base du valdonnien, autrefois exploitée au Plan d'Aups, dans la Sainte-Beaume, et la mine de Bidaou, non exploitable, à 300 mètres environ au-dessus de la base du bégudien.

Toute la partie nord du bassin est formée de couches régulièrement et faiblement inclinées, dont les affleure-

ments et les courbes de niveau décrivent de larges ellipses concentriques autour d'un point central, situé dans la montagne de Regaignas (V. la carte, Pl. I). La ligne d'ennoyage, ou ligne de fond de la cuvette, où la Grande-Mine doit se trouver à 400 mètres environ au-dessous du niveau de la mer, est reportée au nord de l'Arc, assez près de la bordure septentrionale; elle passerait un peu au sud d'Aix et sous la montagne du Cengle, pour se diriger ensuite vers Saint-Maximin. A partir de cette ligne, les couches se relèvent rapidement au nord, en prenant pour la plupart des caractères littoraux plus accentués.

Le point important à retenir dans cette structure est la disposition en courbes ordonnées autour du massif de Regaignas. On voit ainsi que ce petit massif joue un rôle spécial parmi ceux qui l'avoisinent ; ce rôle spécial, qui ne semble en rapport ni avec ses dimensions ni avec son importance, s'explique facilement quand on remarque que les couches fluvio-lacustres plongent partout à partir de ce massif, tandis qu'elles s'enfoncent sous tous les autres massifs de bordure. Ce rôle est encore bien mis en évidence par une particularité curieuse du bassin, l'existence des *moulières*.

Les moulières sont des failles ouvertes, ou à remplissage peu serré, qui, après les orages, donnent passage aux eaux de ruissellement et amènent de formidables venues d'eau qui inondent les travaux, en dépit de tous les moyens d'épuisement. Une grande partie du bassin sera pratiquement inexploitable, tant que la galerie à la mer, actuellement en cours d'exécution, n'aura pas assuré un débouché à ces trop fréquentes inondations. Or M. Long, ingénieur aux Charbonnages des Bouches-du-Rhône, a remarqué, en traçant sur une carte toutes les moulières reconnues, que la plupart d'entre elles vont converger vers un point central du massif de Regaignas. Les moulières sont des failles d'étoilement (failles ra-

diales) autour d'un centre de soulèvement. Aucun des autres massifs de bordure n'a rien produit de semblable.

La disposition des moulières appelle une autre observation importante : deux petites failles, celles de Jean-Louis et du Cerisier, dirigées à peu près de l'ouest à l'est vers le centre commun d'étoilement, limitent vers le sud une région où les mêmes venues d'eau ne sont plus à craindre et où peuvent se développer les exploitations. Ces deux failles et les nombreuses cassures qui les accompagnent, participent comme direction à la loi indiquée pour les moulières ; mais ce sont des *failles serrées*, et elles ne laissent pas passage aux eaux. Plus au sud, l'exploitation du puits Armand, à Valdonne, a rencontré plusieurs cassures également orientées vers le centre commun, avec une direction N. E.-S. O. Là de nouveau ces failles sont des failles ouvertes, et, si elles n'ont pas donné d'eau, c'est qu'il existe au-dessus des travaux une couverture de terrains moins perméables. Il semble donc que les failles d'étoilement autour du massif de Regaignas, moulières ou autres, sont des failles ouvertes, sauf quand elles se rapprochent de la direction est-ouest, c'est-à-dire de la direction des grands plissements de la région. La seule explication rationnelle paraît être que des pressions nord-sud ont rapproché les parois des failles qui leur étaient normales et laissé plus ou moins bâillantes celles des cassures obliques ou parallèles. C'est ainsi que, dans la région de Peynier, où les moulières sont nord-sud, elles atteignent leur maximum d'importance (*).

Région de Gardanne. — A l'ouest de Regaignas et au sud de Gardanne, s'étend une petite région à laquelle ne

(*) Voir des remarques analogues dans le mémoire de M. Oppermann, sur le bassin de Fuveau, *Bull. Industrie minérale*, t. VI, 3e livraison, 1892.

s'applique plus la description précédente. C'est celle dont l'étude fait l'objet spécial de cette note. On peut y distinguer, aux affleurements, trois bandes dirigées est-ouest, présentant des structures très différentes et évidemment limitées par des failles, dont deux au moins sont reconnues par les exploitations. Deux de ces bandes sont très limitées en direction ; la troisième, au contraire, s'étend très loin à l'est et à l'ouest. C'est seulement au sud de ces trois bandes que commence le véritable massif de bordure, le massif de l'Étoile, avec ses couches jurassiques, régulièrement inclinées dans leur ensemble vers la plaine de Marseille. Ces trois bandes (V. carte, Pl. I) sont : 1° celle de Bouc et Cabriès; 2° celle du lambeau productif exploité au sud de Gardanne, et que, pour me conformer à l'habitude des exploitants, j'appellerai bande du lambeau de Gardanne, quoique la petite ville de Gardanne soit notablement plus au nord ; 3° la bande de Mimet, qui s'avance au sud jusqu'à comprendre le plus haut sommet de la chaîne, le Pilon-du-Roi.

Si l'on considère dans ces diverses bandes les affleurements des couches (qui représentent à peu près des lignes de niveau), ceux des bandes nord et sud ne montrent plus, dans leur disposition, aucune trace de l'influence du soulèvement de Regaignas ; en gros ces affleurements, avec des déviations locales, s'alignent parallèlement aux bandes, c'est-à-dire de l'est à l'ouest. Au contraire, dans la bande médiane, celle du lambeau de Gardanne, on retrouve la trace, mais en quelque sorte la trace modifiée de cette influence. Si l'on compare à des ondes successives les courbes de niveau qui s'arrondissent autour de Regaignas, ces ondes se font bien sentir dans la bande médiane, *mais elles sont déplacées*. Connaissant par les travaux d'exploitation le sens du mouvement qui s'est produit, il faudrait reculer ces courbes de 5 à 6 kilomètres vers le sud pour qu'elles reprennent place dans le

système primitif. En d'autres termes, ainsi que le montre la carte (Pl. I), les choses se présentent comme si le lambeau de Gardanne avait été déplacé de 5 ou 6 kilomètres vers le nord. C'est bien là, en effet, la conclusion à laquelle nous aboutirons.

Si les ondulations ne se font pas sentir dans la bande du nord ni dans celle du sud, nous verrons aussi que les raisons en sont différentes : la bande de Bouc-Cabriès est un bourrelet formé sur place, dans lequel l'amplitude du second mouvement a masqué les inclinaisons plus faibles dues au premier mouvement. Pour la bande de Mimet et Simiane, la raison est autre : cette bande vient aussi de loin, comme celle du lambeau de Gardanne, mais *elle vient de plus loin encore*, d'une région assez éloignée au sud pour que l'ondulation de Regaignas ne s'y soit pas fait sentir, au moins d'une manière reconnaissable.

Ces prémisses posées, je commencerai la description par les bandes dont l'étude peut le mieux éclairer la structure d'ensemble, celle de Gardanne et celle de Mimet. Je réserverai pour la fin celle de Bouc-Cabriès, que je n'ai pas étudiée personnellement, et dont je dirai seulement quelques mots d'après les résultats intéressants qu'a obtenus M. Vasseur et qu'il a bien voulu me montrer dans une course commune.

Bande du lambeau de Gardanne. — Faille de la Diote. — Le lambeau productif de Gardanne est isolé au nord par une faille très peu inclinée, facile à suivre sur le terrain et reconnue en plusieurs points par les exploitations. Cette faille est connue sous le nom, d'ailleurs mal choisi, de faille de la Diote. Le hameau de la Diote se trouve en effet sur une petite faille du système des moulières, qui prolonge vers l'est la première moitié de la faille de la Diote, tandis que la seconde moitié s'incline vers le sud-

est. Le rôle des deux espèces de failles est tellement différent qu'il ne peut y avoir de doute sur le sens de la véritable continuation. Quant à la coïncidence partielle des deux failles, elle n'a rien qui puisse étonner, un phénomène d'affaissement devant naturellement modifier et régler sur une certaine longueur l'affleurement apparent d'une faille oblique (*).

La faille de la Diote est indiquée, d'après les travaux (**), comme ayant une pente moyenne de 26° ; cette pente est établie sur un intervalle vertical de 270 mètres et horizontal de 540 mètres (auprès du puits Ernest Biver) ; mais, si l'on tient compte (niveaux 242, 226 et 177) des points connus aux étages intermédiaires dans des plans verticaux voisins, on voit que l'allure de la faille n'est pas tout à fait plane, et qu'elle semble avoir une tendance à s'aplatir en profondeur. L'inclinaison, d'ailleurs, est certainement variable d'un point à un autre. On peut pourtant être certain que, si le lambeau isolé par la faille de la Diote s'enfonce en profondeur, ce ne peut être que très loin au sud ; d'une part, en effet, cette faille va à l'est et à l'ouest se coller à la faille qui limite la troisième bande (bande de Mimet), et on verra tout à l'heure que cette dernière conserve longtemps un plongement moyen très faible, et, d'autre part, la galerie du puits Armand, poussée près de Cadolive un peu au-dessous du niveau de la mer, s'est heurtée au trias du massif de l'Étoile, sans avoir rencontré aucune des deux bandes, ni des deux grandes failles qui les limitent (V. la coupe, *fig.* 17, p. 48).

Les couches du paquet isolé par la faille de la Diote sont d'une grande régularité ; leur inclinaison, dans la

(*) Cette coïncidence montre seulement que la faille d'affaissement est postérieure à l'autre. En réalité, il y a de plus, au point de convergence des deux failles, ou plutôt de leurs affleurements, un étoilement de fractures (V. VILLOT, *loc. cit.*), qui ne peut guère être fortuit et dont je n'aperçois pas la raison.

(**) OPPERMANN, *loc. cit.*, p. 852.

partie observée, est à peu près parallèle à celle de la faille. La Grande-Mine et les couches voisines, qui ont là leur maximum de puissance, y ont déjà été reconnues, toujours avec la même régularité, sur 1.200 mètres d'aval-pendage. Il est certain, d'après l'allure des affleurements, qu'il y en a eu sur la même ligne au moins 1.000 mètres de dénudés ; le bégudien qui les surmonte est encore connu 700 mètres en aval avec la même pente. Cela fait donc près de 3 kilomètres sur lesquels la faille conserve sa faible inclinaison, et sur lesquels s'étendent ou s'étendaient les couches de charbon charriées vers le nord. On aurait exactement l'ancienne limite nord de la partie de la couche ainsi détachée et charriée, si l'on avait le point (B) où la faille de la Diote rencontre le charbon en place

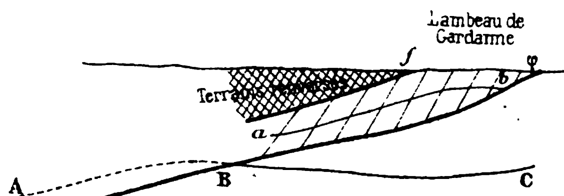


Fig. 1. — *f*, faille du Safre. — φ, faille de la Diote. — AB, position de la Grande-Mine avant le charriage. — *ab*, position de la Grande-Mine après le charriage.

(*fig.* 1; la couche du lambeau de Gardanne est venue de la position AB à la position actuelle *ab*). Nous savons seulement que ce point n'est pas à moins de 3 kilomètres au sud de l'affleurement de la faille. Supposons les terrains remis à leur place primitive : le charbon s'étendait au moins à 6 kilomètres au sud de cet affleurement, et, par conséquent, c'est là une limite minima de la pénétration au sud des terrains crétacés. On retombe donc, par un raisonnement tout à fait indépendant, sur un résultat semblable à celui qu'aurait pu faire prévoir la seule forme des courbes d'affleurement.

L'étude de la bande de Mimet, quoique un peu plus compliquée, va, par une voie indépendante des deux premières, nous mener encore au même résultat.

Bande de Mimet. — Faille du Safre. — Les affleurements obliques des couches de la bande de Gardanne sont, comme je l'ai dit, coupés par une ligne est-ouest, correspondant à l'affleurement d'une seconde faille, désignée par les exploitants sous le nom de faille du Safre (*). La différence d'orientation des couches situées de part et d'autre rend l'existence de la faille bien manifeste à l'ouest, jusqu'au-delà de Simiane ; la faille du Safre joue là le même rôle par rapport à la bande de Gardanne, que la faille de la Diote par rapport au bassin principal. Mais plus à l'est, l'infléchissement progressif des couches les remet de plus en plus parallèles à la faille ; celle-ci prend de plus en plus le caractère d'une simple faille d'étirement, dont le plan exact serait difficile à préciser, si l'on ne s'appuyait sur la continuité d'une propriété essentielle de la faille : *elle met en contact une série normale avec une série renversée.*

Ce contact d'une série normale avec une série renversée se produit naturellement au centre de tous les plis couchés, sans qu'il y ait de faille à invoquer. Si, comme c'est le cas ordinaire, il y a des étirements et des suppressions de couches, ils sont dus à des glissements auxquels rien ne force à supposer une grande amplitude horizontale. Mais il faut bien remarquer aussi que, *ces glissements étant à peu près parallèles aux couches*, leur amplitude reste indéterminée ; il est probable, en général, qu'elle est petite ; mais elle pourrait être très grande, sans que rien le trahisse à l'observation directe.

(*) Cette disposition a déjà été reconnue par M. Collot. C'est M. Vasseur qui a appelé d'abord mon attention sur son importance dans l'ensemble de la structure du pays.

La faille du Safre semble disparaître à l'est et se réduire à un simple pli couché ; cette apparence n'a rien d'incompatible avec un charriage important, qu'il faudra bien par continuité admettre à l'est, s'il est prouvé pour la partie ouest.

Ces considérations n'étaient peut-être pas inutiles, avant d'aborder la question capitale de la structure qui caractérise la bande de Mimet. Dans cette bande, qui a une largeur moyenne de 2 kilomètres, *tous les terrains sont renversés*, c'est-à-dire présentent un ordre de succession inverse de l'ordre normal de stratification. Ce fait est connu depuis longtemps pour les couches, en général assez inclinées, qui forment le bord septentrional de la bande. Il n'avait pas été constaté ni même soupçonné pour les autres, *parce que ces terrains renversés ne forment pas une nappe régulièrement inclinée*, *mais qu'au contraire ils ont été énergiquement plissés*, *et amenés localement par les plissements à une position verticale ou même inclinée au-delà de la verticale*. Un premier mouvement, celui qui les a renversés, les avait fait tourner de 180° ; un second mouvement, celui qui a plissé la nappe renversée, les a fait tourner par places de plus de 90°. Le résultat apparent est alors le même que s'ils avaient tourné seulement, dans l'autre sens, d'un angle voisin de 90°.

Je reconnais qu'il faut un certain temps pour habituer l'esprit à une idée d'apparence aussi compliquée. La première tendance est de la repousser, à cause de cette complication même, qui ne semble plus laisser place à une vérification concluante. Et pourtant, d'une part, d'après ce qu'on sait déjà sur la région, le fait pouvait et devait être prévu ; d'autre part, il mène à des conséquences simples, particulièrement faciles à vérifier.

On sait en effet, et bien peu de géologues le contestent encore, qu'il existe dans presque toutes les chaînes de

montagnes, et spécialement en basse Provence, des plis couchés avec *nappes de recouvrement*, qui s'étendent horizontalement sur des largeurs de plusieurs kilomètres ; on sait aussi qu'en Provence le charriage qui a produit ces nappes est antérieur à l'oligocène, et que les terrains oligocènes sont eux-mêmes affectés de plis énergiques. Rien n'autorise à supposer *à priori* que ces nappes soient restées indemnes pendant les mouvements qui ont suivi leur formation ; ce qui exigerait une explication, ce serait au contraire que ces nappes eussent échappé partout à l'action des plissements postérieurs.

En second lieu la vérification, loin de devenir impossible, est au contraire facilitée, *si l'on peut observer les charnières des plis nouvellement formés*. Le plissement de terrains normalement stratifiés donne des voûtes anticlinales au centre desquelles apparaissent les couches les plus anciennes, enveloppées par des couches de plus en plus récentes, et des cuvettes synclinales au centre desquelles sont les terrains les plus récents. Mais, si le plissement s'est exercé sur une nappe de terrains renversés, le contraire a lieu : le noyau des anticlinaux est formé par les couches les plus récentes, le fond des synclinaux par les couches les plus anciennes. La distinction est immédiate, et la conclusion certaine. Or, dans la bande de Simiane, on voit plusieurs charnières, et toutes conduisent au même résultat.

Ainsi, quand on part du Verger, on voit d'abord dans le ravin affluent de l'ouest, les marnes néocomiennes plonger sous les dolomies jurassiques. En remontant, vers le sud, le ravin principal, on voit les mêmes marnes dessiner trois voûtes très aiguës, qu'enveloppent les calcaires valanginiens et les dolomies jurassiques (*fig.* 2, et coupe n° 1, Pl. II).

Dans la descente du Pilon-du-Roi à la ferme des Mares, près du chemin qui monte à l'est vers Notre-Dame-des-

Anges, les marnes néocomiennes dessinent deux voûtes bien visibles et complètes, enveloppées par le valanginien et par le jurassique (*fig.* 3, et coupe n° 4, Pl. II).

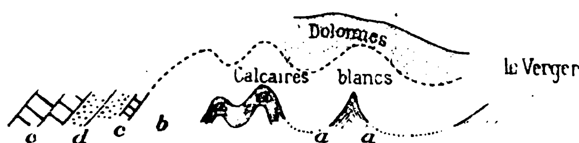


FIG. 2. — Coupe du ravin en amont du Verger. — *a*, marnes valanginiennes. — *b*, calcaires valanginiens. — *c*, calcaires blancs jurassiques. — *d*, dolomies jurassiques.

Enfin, tout le long de la crête qui va de la Galère à Notre-Dame-des-Anges, on voit, au nord comme au sud, le néocomien plonger sous les dolomies jurassiques ; et, une fois les couches reconnues, on peut à distance, des

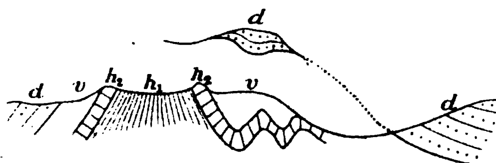


FIG. 3. — Coupe prise au-dessus des Mares. — h_1, marnes hauteriviennes — h_2, néocomien calcaire. — *v*, valanginien. — *d*, dolomies jurassiques.

collines de Bouc comme des points plus rapprochés, suivre, dans la saillie de la crête qui précède le couvent, le raccordement vers le bas des deux bandes délitables correspondant au néocomien ; elles forment un V nettement couché vers le nord, et, au centre de ce V, sont les dolomies jurassiques (coupe n° 3, Pl. II).

Ces coupes typiques et indiscutables sont, la première au nord, et les deux autres au sud de la bande de Mimet ; elles se répartissent donc sur toute sa largeur et suffisent à mettre hors de doute le résultat énoncé plus haut.

Il importe pourtant d'entrer plus dans le détail, de montrer que toutes les particularités de structure, qui sont là réunies, s'expliquent aisément par la même hypothèse et qu'elles ne pourraient guère s'expliquer autrement.

Division de la bande de Mimet en six zones. — La bande de Mimet peut se décomposer en une série de zones, allongées dans la direction générale, mais variant rapidement de largeur. Chacune de ces zones présente une composition assez constante et très différente des zones voisines ; chacune d'elles a une largeur très variable, et va, après un trajet plus ou moins long, se coincer soit contre les zones voisines, soit contre les bords de la bande. L'étude de détail montre que partout les zones qui comprennent les terrains les plus récents plongent sous celles qui comprennent des terrains plus anciens, et que, de plus, il existait dans la nappe renversée trois grandes surfaces de glissement (*thrust planes*), *qui ont été plissées avec les couches.*

J'énumère d'abord les diverses zones, en partant du nord ; elles sont figurées sur la carte (Pl. II). La première, zone *a*, ou zone de Simiane, comprend différents termes, réduits d'épaisseur, de la série fluvio-lacustre, les calcaires à hippurites, le gault et l'aptien ; il ne s'y ajoute que localement quelques termes plus anciens (*). Cette première zone est continue sur toute la longueur que j'ai étudiée, entre Saint-Savournin et les Pennes.

La seconde zone (zone *b* ou de l'Assassin) fait réapparaître la série fluvio-lacustre, spécialement sous forme de poudingues, que M. Collot avait attribués au rognacien, et dont M. Vasseur a démontré l'âge bégudien. La zone *b* commence à l'est auprès de Sousquières, d'abord

(*) Notamment, sur le bord de la petite falaise qui termine l'aptien au nord, quelques lambeaux intermittents d'urgonien. M. Repelin, qui me les a signalés et qui les a particulièrement étudiés, y a trouvé *Requienia ammonia.*

sous forme d'un liseré étroit, puis elle s'élargit à l'ouest du chemin de fer, en se ramifiant autour d'îlots ou massifs jurassiques.

La troisième zone (zone *c* ou du Siège) succède à l'est sans interruption, sans lacune et sans faille visible, à la première zone, puis elle en est séparée de plus en plus complètement par l'apparition et l'élargissement de la seconde zone. Elle comprend tous les terrains de l'urgonien au callovien ; elle a en son milieu une largeur de plus de 1 kilomètre, puis va rapidement se coincer, à l'est comme à l'ouest, près du hameau des Putis et près de la ligne du chemin de fer d'Aix.

La quatrième zone (zone *d* ou de Saint-Germain) ne comprend que du trias ; elle forme à l'ouest une traînée étroite, presque filiforme entre Fabregoules et les Bastidonnes ; elle s'élargit près de Saint-Germain et disparaît vers l'est, au moment où elle atteint sa plus grande largeur.

La cinquième zone (zone *e* ou de la Chapelle-Saint-Germain) ramène des affleurements de gault et d'aptien. Elle commence à l'ouest près du ravin du Siège, et va du côté de l'est se réunir avec la première zone. Elle montre sur son bord sud quelques lambeaux d'urgonien et est en quelques points séparée de la zone suivante par un étroit liseré de trias.

La sixième et dernière zone (zone *f* ou du Pilon-du-Roi) est formée de néocomien et de jurassique supérieur ; elle commence et se termine en pointe, d'un côté vers les Bastidonnes, de l'autre vers Saint-Savournin et prend en son milieu une largeur de près de 1 kilomètre.

Sa composition la rapproche du massif de l'Étoile, dont elle n'avait pas été séparée jusqu'ici.

Zone a ou zone de Simiane. — Cette zone est formée par une longue bande de terrains crétacés, fuvélien, valdonnien, calcaire à hippurites, gault et aptien. Les couches

sont, en général, assez inclinées, et leur renversement, comme je l'ai dit, est depuis longtemps connu.

Les épaisseurs apparentes des étages sont faites pour surprendre : tandis que le fuvélien, bien exposé dans la coupe du Safre (*), le valdonnien, visible dans le ravin de Babol, et le calcaire à hippurites, formant une petite barre presque continue, ont tous trois des épaisseurs assez réduites, ainsi qu'on peut l'attendre dans une bande renversée, le gault et l'aptien auraient, au contraire, des puissances énormes. Il est facile de voir que la forte inclinaison des couches ne correspond pas à l'inclinaison moyenne, et que les grandes épaisseurs attribuées au gault et à l'aptien sont dues à des replis secondaires.

D'abord on peut citer plusieurs points où les couches sont presque horizontales ; ainsi les couches glauconiennes de l'aptien, un peu au sud de la station de la Malle, le long du chemin des Bastidonnes ; puis les calcaires sénoniens au-dessus de la route de Mimet, à 1 kilomètre à l'est de Simiane, enfin les calcaires aptiens à silex le long du chemin de Babol aux Putis. Cette dernière coupe est intéressante à un autre point de vue : après avoir passé la barre calcaire qui détermine une petite cascade dans le ruisseau et qui se rattache probablement aux calcaires à rudistes, on traverse une longue série de calcaires siliceux et de calcaires marneux, avant d'arriver au hameau des Putis, où M. Collot a signalé des fossiles du gault. Comme conséquence, et quoique les caractères lithologiques rappelassent plutôt l'aptien, on a classé dans le gault toute la série située au nord du point fossilifère. Or M. Repelin a trouvé dans cette série des bancs de calcaires com-

---

(*) M. Villot (*loc. cit.*, p. 50) a donné la coupe du Safre, en considérant le fuvélien comme en position normale entre deux failles verticales. C'est là une erreur manifeste ; il n'y a pas de failles verticales, et le fuvélien est renversé, comme toute la série à laquelle il appartient.

pacts avec *Requienia ammonia*, des calcaires marneux avec Ancylocères, rappelant ceux de l'aptien inférieur, et, un peu plus à l'est, M. Vasseur a recueilli des fossiles aptiens. On ne peut donc pas admettre qu'on rencontre régulièrement, en marchant vers le sud, des termes de plus en plus anciens ; il y a plusieurs fois retour des mêmes couches, et, par conséquent, il y a des replis secondaires. Le pendage étant uniformément vers le sud, il faut, en outre, que ces plis soient des plis couchés.

Je laisse à M. Repelin le soin de décrire la coupe de Babol qu'il a spécialement étudiée. Il avait d'abord conclu à l'existence d'une voûte normale d'urgonien, et on ne peut nier que les apparences ne soient assez conformes à cette idée. L'urgonien, très développé sur la rive droite, envoie sur la rive gauche trois pointes rocheuses qu'on voit disparaître brusquement au milieu de l'aptien. Or, à l'extrémité de la seconde pointe, en *c* (*fig.* 4), l'urgonien semble nettement s'enfoncer sous l'aptien. Par contre, en s'éloignant un peu sur la crête à l'ouest, on voit en *a* les bancs urgoniens dessiner une voûte continue le long de la crête au-dessus de la dépression remplie d'éboulis, sous lesquels nous avons trouvé quelques affleurements aptiens. L'aptien formerait donc voûte sous l'urgonien. Quant à l'apparence un peu contradictoire observée en *c*, elle pourrait s'expliquer par une torsion locale du pli (par exemple suivant la ligne *ecd*) et elle laisserait ainsi intacte la question de savoir si l'on a affaire à un anticlinal ou à un synclinal d'urgonien.

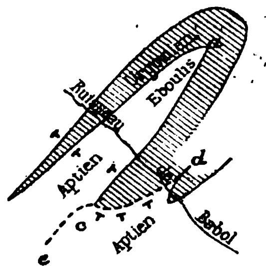


Fig. 4. — Plan des affleurements urgoniens dans le ravin de Babol.

La coupe de la galerie à la mer (*fig.* 2, Pl. III) montre comment j'interprète cette partie. L'interprétation, il est vrai,

est là fondée sur l'ensemble de la structure de la bande de Mimet, et des faits qui seront décrits plus loin, plutôt que sur le résultat direct des observations locales. Tout ce qu'on peut dire à Babol, c'est que ces observations peuvent se concilier avec l'hypothèse admise (*).

En tout cas, les replis multiples des couches sont incontestables, et l'on peut alors s'expliquer leur grande épaisseur apparente.

On voit en même temps que leur niveau moyen, et par conséquent celui de la faille du Safre, si elle leur reste parallèle, s'enfonce bien moins vite qu'on ne l'avait d'abord supposé.

Dans cette zone de Simiane on trouve un peu plus à l'est un remarquable accident, c'est l'apparition brusque, au milieu de l'aptien, d'un pointement de dolomies jurassiques. Ce pointement, déjà figuré par la carte géologique, est connu sous le nom d'îlot de la Galinière.

Les dolomies de la Galinière, qui forment une petite colline allongée, d'environ 800 mètres sur 300, sont incontestablement jurassiques. Depuis M. Collot, elles ont toujours été rapportées à l'infralias. Je crois plutôt qu'elles appartiennent au jurassique supérieur. Leur faciès extérieur, je commence par le dire, se rapproche plus du faciès ordinaire à l'infralias, caractérisé par des bancs plus siliceux, mieux lités, un grain plus serré, une teinte plus blanche (gris cendré, Collot) et une rayure ou division parallélipipédique à la surface. Je ne sache pas qu'il ait été fait d'étude spéciale pour savoir à quel point ces caractères, pour la plupart extérieurs, se rattachent tou-

(*) M. Repelin m'a également montré, au-dessous de Mimet, un peu à l'est de la route, un petit pointement urgonien dont les couches sembleraient former voûte au milieu de l'aptien. Je crois que les surfaces qui présentent cette apparence, d'ailleurs un peu grossière, sont des surfaces de cassure et non de stratification. Nous avons de plus trouvé là, au-dessus de l'urgonien, un lambeau de dolomies jurassiques, dont la présence contredirait formellement l'idée d'une voûte normale.

jours à quelque différence fondamentale de composition ou de structure; mais, en fait, j'ai constaté souvent qu'un aspect très semblable pouvait se retrouver dans les dolomies du jurassique supérieur. C'est en particulier ce qui arrive, dans la région même dont nous nous occupons, pour la zone *f*; les dolomies supérieures n'y ont plus l'aspect gris, massif, cristallin, de la chaîne de l'Étoile, et, n'étaient les relations de position, on pourrait les attribuer, et quelques-unes en effet ont été attribuées à l'infralias (*).

A la Galinière, j'ai trouvé en deux points des calcaires blancs semblables à ceux du jurassique supérieur, associés aux dolomies. Cela suffit à mes yeux pour entraîner leur âge; la ressemblance avec la zone *g* est un argument de plus, surtout quand nous saurons que les dolomies de la Galinière appartiennent en réalité à cette zone (**). Enfin on peut ajouter que l'existence de l'infralias à la Galinière serait une anomalie, car ce serait le seul point où ce terrain apparaîtrait dans toute la bande de Mimet.

Quel que soit l'âge exact des dolomies de la Galinière, le point important c'est que *ces dolomies sont superposées à l'aptien*. La conclusion s'impose, si l'on examine avec soin les rapports de position des deux terrains. La butte de dolomies n'est pas une butte simple; elle est en réalité flanquée, au nord et au sud, de deux bourrelets également dolomitiques: *entre ces bourrelets et la butte princi-*

(*) Fournier, *loc. cit.*

(**) M. Repelin m'a fait remarquer qu'en un point à l'est, auprès d'un petit col de la dépression aptienne, les éboulis dolomitiques couvrent complètement l'espace assez étroit qui s'étend entre les dolomies de la Galinière et celles de l'escarpement voisin (zone *f*). On pourrait même croire que l'affleurement aptien est là momentanément interrompu. En tout cas, on peut passer sans interruption, en marchant toujours sur des dolomies, de celles de la falaise à celles de l'îlot, et se convaincre ainsi qu'il y a entre les deux une complète identité. Or les dolomies de la falaise sont associées à des calcaires blancs, où M. Repelin a trouvé un peu plus à l'est des *Heterodiceras*. Je crois donc que l'attribution des dolomies de la Galinière au jurassique supérieur peut être considérée comme tout à fait certaine.

pâle réapparaissent les marnes aptiennes. Sous le premier bourrelet, qui porte la ferme, on voit nettement, un peu à l'est de la ferme, la surface de contact presque horizontale, et en deux points on trouve des calcaires blancs à la base des dolomies. Le bourrelet nord a le caractère d'un terrain disloqué, comme formé de blocs juxtaposés ; il n'a manifestement pas de racine en profondeur. Pour la butte principale, je n'ai vu qu'en un point le contact découvert, sur le côté nord ; là encore il est très peu incliné ; ce sont des marnes altérées qui s'enfoncent sous les dolomies rougies à leur contact. La coupe ci-jointe (*fig.* 5) résume ces observations, qui ne laissent aucun doute sur la conclusion (Voir aussi la coupe n° 3, Pl. II).

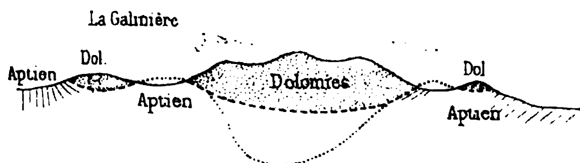


Fig. 5. — Coupe de la Galinière.

On peut objecter que les dolomies ont l'air d'être verticales ; mais ce n'est là qu'une apparence, due à des cassures de la roche ; je n'ai vu nulle part de stratification incontestable. D'ailleurs la ligne pointillée de la figure montre comment s'expliquerait cette verticalité. Il n'y a pas non plus à s'étonner que, vers la pointe est de la butte, l'aptien reste vertical jusqu'auprès du contact : les discordances locales sont fréquentes entre ces paquets superposés et leur substratum.

A l'appui de la superposition des dolomies de la Galinière à l'aptien, il est bon de citer un exemple semblable et plus net encore, auprès de Cadolive. Il ne se trouve plus, il est vrai, dans la même zone, mais il se rattache à la même nappe de dolomies. Le village de Cadolive est situé

sur le bégudien en place, superposé aux couches de charbon exploitées à la Valentine et à Valdonne; les couches presque horizontales s'inclinent doucement vers la montagne jurassique, et les dénudations y ont découpé deux mamelons saillants, l'un à l'ouest du cimetière, l'autre à l'ouest du village. Le premier est couronné par un lambeau de dolomies jurassiques, le second par un lambeau de calcaires blancs; des blocs de ces roches sont épars sur les pentes. Il n'y a plus là aucune part d'interprétation, si petite qu'elle soit ; le fait est manifeste et se traduit, même à distance, par la nature des reliefs. Il m'a été signalé par M. Rochon, ingénieur de la mine de Valdonne, et il a été étudié en détail par M. Gossiaux, géomètre des charbonnages (*).

On voit donc que, si l'étude de la première zone ne fournit pas de preuves directes du renversement des couches, autre part que sur le bord septentrional, elle montre déjà des lambeaux de nappes charriées, qui suffiraient à faire prévoir ce renversement.

Zone b ou zone de l'Assassin. — A l'est du chemin de fer, cette seconde zone n'est composée que d'un mince liseré de poudingues, qui cesse avant Sousquières; à l'ouest du chemin de fer, dans la tranchée duquel ces poudingues sont bien exposés, la zone s'élargit et se ramifie autour d'importants massifs jurassiques. Outre ces massifs, notamment près de Sénières, on trouve des îlots de dolomies jurassiques (l'un d'eux avec trace de néocomien à la base) manifestement superposés à la brèche. Le fait acquiert là une nouvelle importance, parce que, précisément en face d'un de ces îlots, la série renversée de la première zone, au lieu de ne contenir que du gault et de l'aptien, se complète jusqu'au jurassique supé-

(*) Depuis que ces lignes ont été écrites, M. Repelin a encore trouvé un îlot de dolomies superposé aux calcaires lacustres, entre Cadolive et la Galinière.

rieur (*fig.* 6). A moins de supposer un pli en éventail, bien improbable, et contredit d'ailleurs par tout l'ensemble des coupes voisines, on a là la preuve que ***la première zone est superposée à la seconde.***

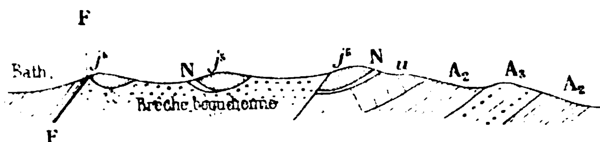


FIG. 6. — A_3, aptien supérieur, grèseux. — A_2, aptien moyen, marneux. — *u*, urgonien. — N, néocomien. — j^6, calcaires blancs. — j^5, dolomies jurassiques. — Bath., bathonien. — F, faille du Pilon-du-Roi.

La même conclusion ressort d'ailleurs, quoique moins directement, de l'examen de la partie située à l'est du chemin de fer. La bande de brèches (*), comprise partout entre des termes plus anciens, pourrait évidemment être considérée comme un synclinal pincé et couché vers le nord ; mais ce synclinal présenterait une particularité remarquable : d'une part, les termes entre lesquels il est compris sont rapidement variables d'un point à un autre ; et, d'autre part, au lieu que les mêmes terrains reparaissent symétriquement au nord et au sud, la série des couches renversées paraît se continuer indépendamment de la brèche interposée, comme si celle-ci n'était qu'un manteau superficiel. L'urgonien du bord sud semble succéder régulièrement à l'aptien du bord nord, et quand l'urgonien se montre au sud de la brèche, il disparait au nord. Il faut admettre, et cela dans toute hypothèse, qu'il y a discordance complète entre la brèche et le crétacé inférieur qui l'avoisine. La différence angulaire aurait été effacée par un plissement postérieur, mais elle reste accu-

(*) Je rappelle que M. Collot avait démontré la liaison de la brèche avec des calcaires où il avait trouvé des fossiles de Rognac, et que M. Vasseur, précisant davantage, en a démontré l'âge *bégudien inférieur*.

sée par l'indépendance des séries mises en contact. C'est pour cela qu'on admet ordinairement, et que j'ai admis moi-même autrefois, que le massif de l'Étoile formait le rivage sud du crétacé supérieur, dont les couches les plus hautes se seraient seules étendues transgressivement sur ce massif déjà plissé.

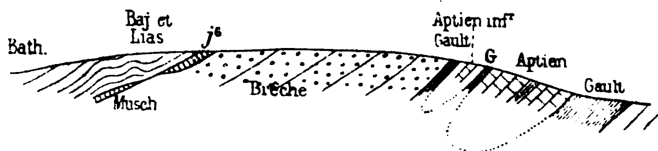


Fig. 7. — Coupe de la tranchée de Septèmes. — G, gault. — j^6, calcaires blancs (jurassique supérieur). — Musch., muschelkalk.

Cela est évidemment possible, et l'on peut refaire en conséquence la coupe primitive, qu'un plissement postérieur aurait transformée dans la coupe actuelle. Mais cette coupe actuelle est elle-même soumise à des variations considérables ; par exemple, dans la tranchée du chemin de fer (*fig.* 7), la brèche, malgré sa faible largeur, est en contact avec des terrains qui vont de l'aptien supérieur et même du gault jusqu'à l'aptien inférieur (*) ; il est facile de voir que cela exige dans la coupe primitive une série de plis secondaires, couchés et étirés, formés et arasés avant le dépôt de la brèche. Cela serait en désaccord flagrant avec la structure de tout le reste du pays ; mais, de plus, cela devient matériellement inadmissible, quand on sait que la brèche en place, intercalée entre le fuvélien et le bégudien, fait partie de la série renversée de la zone *a*, c'est-à-dire de la série qu'il faudrait supposer dénudée avant le dépôt de la brèche.

(*) L'aptien inférieur est là, formé de calcaires jaunâtres, remarquablement semblables d'aspect à des calcaires néocomiens ; je les avais pris pour tels, mais M. Vasseur y a trouvé *Ammonites fissicostatus* L'argument développé dans ce paragraphe perd ainsi un peu de sa force, mais il n'en reste pas moins valable.

[illegible] j'ai [illegible] in-*terprét* [illegible]

[illegible] *que a brèche.* [illegible] *plane* [illegible] La [illegible] *pli anti-clinal* [illegible] est comme [illegible] vers le nord, et [illegible] sur les ter-[illegible] de la z[illegible] *a*, en réalité elle passe s[illegible] cette zone, de [illegible] au s[illegible] sous la z[illegible] *c*.

Zone c ou zone du Siège. — Cette zone, quand on la traverse dans le ravin du Siège (coupe n° 2, pl. II) est celle qui d'abord contribue le plus à écarter l'idée d'un renversement général. Il semble impossible que cette masse de calcaires qui se succèdent verticalement ne soit pas en place, qu'elle n'annonce pas le retour des couches renversées à leur position normale. Mais, quand on y regarde de plus près, dans le ravin même on trouve deux affleurements de néocomien, et entre les deux les dolomies jurassiques horizontales. C'est l'indication d'un pli secondaire, dont l'interprétation peut la sembler douteuse ; mais on le suit tout le long de la zone, et au ravin du Verger, comme je l'ai dit plus haut, on voit les charnières. Le centre des anticlinaux est formé de néocomien qu'enve-

---

(*) L'expression de *plis retournés*, s'appliquant à ces plis qui affectent une nappe renversée, a été proposée par M. l'abbé Dorlodot (V. plus loin).

loppe le jurassique. J'ai déjà insisté sur le caractère déterminant de cette preuve ; la zone du Siège est formée par une nappe plissée de terrains renversés, et, d'après ce qui précède, cette nappe est superposée au bégudien.

Zone d ou zone de Saint-Germain. — Partout la zone *d* s'enfonce sous le trias qui la borde au sud. L'étude de ce trias peut se faire le long de la nouvelle route de Saint-Germain, dont les tranchées sont encore fraîches (*fig.* 8). On y voit au nord les marnes irisées plonger presque hori-

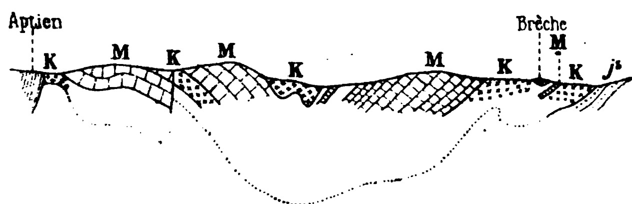


FIG. 8. — Coupe de la bande triasique le long du chemin de Saint-Germain. — j^5, dolomies jurassiques. — K, K', marnes irisées. — M, M', muschelkalk (*).

zontalement sous les calcaires du muschelkalk et reparaître au milieu de ces calcaires : au sud, après le coude du chemin, les marnes irisées se montrent de nouveau et forment une voûte surbaissée, recouverte par le muschelkalk. On peut encore là conclure qu'on a affaire au plissement d'une nappe renversée.

Je dois pourtant mentionner deux petites anomalies locales, que m'a fait remarquer M. Vasseur, et qu'il importe de signaler, au risque de compliquer un peu l'exposition, parce qu'elles pourraient être invoquées comme argument contre l'interprétation proposée.

Les marnes irisées de Saint-Germain plongent certainement et avec un très faible pendage, sous le muschelkalk,

(*) Les indices (M' et K') ont été omis sur la figure : M' désigne la première bande de muschelkalk, à gauche de la coupe ; K', la bande médiane de marnes irisées (la troisième à partir de la gauche). Le point (*a*), mentionné dans le texte, correspond à la petite faille (seconde lettre K).

qui forme au-dessus d'elles une petite falaise ; on peut les suivre, à l'ouest de la route, dans une bande de champs cultivés ; elles descendent sur la route au point (*a*), où elles ont déterminé une petite zone d'éboulement. Sur tout ce trajet, la superposition du muschelkalk (M) reste manifeste et les marnes irisées semblent comprises en concordance entre deux bandes de muschelkalk, l'une au dessus (M), l'autre au dessous (M′) (*). Je crois qu'il y a là seulement une apparence : au tournant de la route, on voit le contact du muschelkalk inférieur (M′) et des marnes irisées, et là il y a une faille verticale bien visible ; je suppose que le muschelkalk (M′), dont la présence s'expliquerait mal autrement, était primitivement superposé aux marnes irisées et qu'il s'est affaissé sur place.

Il y a, une centaine de mètres plus à l'est, une plâtrière, indiquée sur la carte, et où le gypse est exploité jusqu'à une profondeur d'une trentaine de mètres (**). Ce gypse n'appartient pas à la même bande de marnes irisées, mais à une autre (K′) que la route rencontre à 50 mètres au nord de la première, et *qui est partout superposée au muschelkalk*. Cette seconde bande représenterait le commencement de la série normale qui devait surmonter la série renversée, et que nous retrouverons dans la chaîne de l'Étoile ; c'est, en réalité, la bande médiane du synclinal triasique. Pour que cette bande vienne à la plâtrière s'infléchir et occuper le bord du massif, au contact de l'aptien, il faut qu'il y ait, là encore, une faille d'une certaine amplitude. Elle explique comment, en ce point, les marnes irisées semblent plonger vers l'aptien, avec lequel d'ailleurs le contact n'est pas découvert.

L'existence de ces failles complique la stratigraphie,

(*) Voir pour la signification des lettres (*a*), M′ et K′, la note de la page précédente.

(**) M. Gentil m'a signalé le fait intéressant que c'est la présence d'un peu de sel mélangé au gypse qui le rend impur et en arrête l'exploitation.

d'autant plus qu'elles sont difficiles à suivre au milieu d'affleurements désagrégés, où le muschelkalk lui-même prend souvent la forme de cargneules. Les petites incertitudes locales qui en résultent ne me semblent pas pouvoir infirmer la signification si nette de la coupe d'ensemble : une cuvette, dont les bords sont formés de marnes irisées, surmontées de muschelkalk, et dont le centre est formé par d'autres marnes irisées, reposant normalement sur le muschelkalk. La brèche que la coupe (8) indique sur la droite contient des morceaux de jurassique supérieur, et semble indiquer l'existence d'un nouveau *thrust plane ;* je connais, en effet, des brèches semblables aux points assez nombreux (notamment près d'Auriol) où le trias est directement surmonté par le jurassique supérieur.

C'est probablement là l'explication d'une seconde anomalie qu'on rencontre, un peu plus à l'ouest, en suivant la bordure du trias, auprès des maisons non marquées sur la carte, qui sont à peu près à mi-chemin de Saint-Germain et des Mérentières. Sur une longueur de 500 mètres environ, le trias est remplacé par des dolomies du jurassique supérieur; un petit affleurement de marnes près des maisons permet de voir que ces dolomies sont, au sud, superposées au trias. Mais, au nord, elles sont, en contact direct avec le séquanien de la zone précédente (zone *c*), qui plonge vers elles et auquel on pourrait les croire aussi superposées. Je suppose que ces dolomies, comme la brèche tout à l'heure mentionnée, font partie de la série normalement superposée au trias; elles devraient régulièrement se montrer comme un îlot entouré de tous côtés par les affleurements du trias sous-jacent, et, pour expliquer l'absence momentanée de ces affleurements au nord des dolomies, il faut, là encore, invoquer une nouvelle faille de tassement.

Sans doute, ce sont là des failles de raisonnement et

non des failles d'observation. Il faut seulement remarquer qu'elles ne sont pas invoquées pour accommoder les faits à l'interprétation proposée, mais pour expliquer la discontinuité des coupes voisines. Toute autre interprétation devrait également les admettre. Ces failles ont localement enfoui le trias au milieu des terrains voisins plus récents, beaucoup plus profondément que ne l'aurait fait un simple synclinal, et c'est ce qui explique, du côté de l'ouest, la continuité de l'étroite bande de trias, qui, malgré l'inégalité des dénudations, se poursuit sans interruption sur plusieurs kilomètres.

Le renversement du trias et sa superposition au jurassique dans la zone de Saint-Germain, sont confirmés par d'autres indices : près des Mérentières, dans le talus du chemin, j'ai relevé la coupe ci-jointe (*fig.* 9) : un banc de muschelkalk typique enveloppe des marnes ligniteuses, dont l'existence n'est connue que dans les marnes irisées.

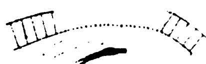


Fig. 9.

La disparition du trias à l'est, au point même où la bande atteint sa plus grande largeur, est difficilement compatible avec l'idée d'un anticlinal et concorde bien avec celle d'un synclinal.

Enfin, quand, à l'ouest, la bande triasique se rétrécit et s'écrase entre ses bords jurassiques, près des Bastidonnes, on cesse sur une centaine de mètres de suivre la traînée rectiligne qui se continuait depuis le col de Jean-le-Maître ; elle est rejetée par une faille transversale et reparaît un peu plus loin. En la recherchant au milieu des bois, on voit qu'elle s'est morcelée en lambeaux discontinus et différemment orientés ; c'est une allure qu'on ne peut comprendre dans un anticlinal écrasé, auquel les fortes pressions qui l'ont formé imposent une direction déterminée ; elle est toute naturelle, au contraire, pour des couches tombées au fond d'un synclinal.

Zone e ou zone de la Chapelle-Saint-Germain. — Cette zone n'est, en réalité, qu'une ramification, un golfe de la zone *a*. Quand le trias a disparu à l'est, il n'y a plus de limites ni de distinction possible entre ces deux zones *a* et *e*, qui se touchent et se confondent. La zone *e* doit doit donc partager le sort de la zone *a* ; si cette dernière, comme il résulte de ce qui précède, est superposée au bégudien, il en est de même de la première ; si l'une est une nappe de terrains renversés, l'autre l'est également. En tout cas, pour la zone *e*, les preuves directes font défaut. On peut dire seulement que le mode de terminaison de la bande à l'ouest s'accorde mieux avec l'idée d'un anticlinal qu'avec celle d'un synclinal, qu'il faudrait supposer produit sous forme de cuvette d'effondrement.

La zone *e* est formée de plis multiples, couchés vers le nord. Tout contre la plâtrière, M. Repelin m'a signalé la présence du gault (*) ; le rocher des Trois-Frères est formé d'aptien inférieur ; la petite crête que suit le chemin de Septèmes à Mimet ramène au jour les calcaires siliceux de l'aptien supérieur, flanqués de part et d'autre de couches à orbitolines ; enfin de là vers le sud, la série renversée se poursuit régulièrement jusqu'à l'aptien inférieur, et même en certains points jusqu'à l'urgonien, qui borde la zone par quelques têtes rocheuses discontinues. Il y a là au moins trois plis distincts (*fig.* 10), mais rien n'autorise *à priori* à dire si les Trois-Frères, par exemple, sont au centre d'un pli synclinal comme l'indiquent les pointillés, ou au centre d'un pli anticlinal.

La zone *e* s'enfonce, avec une faible pente, sous la zone *f* ; après les lambeaux urgoniens on trouve le néocomien réduit, puis les dolomies jurassiques, formant la continuation de la même série renversée. Il n'y aurait donc pas

---

(*) Ou au moins de l'aptien tout à fait supérieur.

lieu de distinguer deux zones différentes, si, entre l'urgonien et le néocomien, ou, quand l'urgonien manque, entre l'aptien et le néocomien, on ne trouvait, d'une manière tout à fait inattendue (*fig.* 10, et *fig.* 2, Pl. III), une *traînée d'affleurements triasiques.*

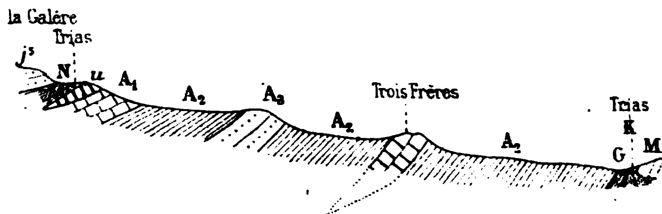


Fig. 10. — Coupe par les Trois-Frères. — G, gault. — A_3, aptien supérieur, grèseux. — A_2, aptien marneux. — A_1, aptien inférieur. — *u*, urgonien. — N, néocomien — j^5, dolomies jurassiques. — K, marnes irisées. — M, muschelkalk.

Cette traînée est absolument filiforme ; je ne lui ai vu nulle part plus de 20 mètres de largeur, et elle descend jusqu'à 1 mètre et moins ; parfois on ne la suit plus que par des blocs épars (la même chose se présente près des Bastidonnes, pour la terminaison de la bande triasique de la quatrième zone). Je puis affirmer sa continuité sur 200 mètres de longueur environ au-dessus de la Chapelle-Saint-Germain ; je crois en avoir retrouvé des traces au sud de la Galinière et au sud de Saint-Savournin. Elle se présente toujours dans les mêmes conditions, c'est-à-dire que *les termes du crétacé inférieur se succèdent régulièrement de part et d'autre, comme si le trias n'existait pas*. C'est l'apparence déjà signalée plus haut pour la brèche bégudienne, et ici encore elle ne peut s'expliquer que par une discordance antérieure au plissement. Il n'y a certainement pas eu de discordance de stratification entre le trias et le crétacé inférieur ; il s'agit donc d'une *discordance mécanique*. Le trias devait appartenir à une nappe de recouvrement superposée au crétacé : c'est l'expli-

cation qui s'impose, et elle est bien conforme avec le fait déjà reconnu de la superposition à l'aptien du trias de Saint-Germain. *C'est la même nappe triasique plissée qui reparaît en synclinal au contact des zones e et f* (*fig.* 2, Pl. III).

Zone f ou zone du Pilon-du-Roi. — Si l'on poursuit la coupe au-dessus de la Chapelle-Saint-Germain jusqu'à la crête et jusqu'au versant sud de la Galère, on trouve d'abord, comme je l'ai dit, les dolomies de la crête superposées au néocomien, puis, sur l'autre versant, on retrouve, avec une pente inverse, le néocomien à silex. L'apparence est celle d'un synclinal de néocomien, englobant les dolomies jurassiques. La même coupe se poursuit jusqu'auprès de Notre-Dame-des-Anges, où le synclinal se renverse vers le nord et montre sa charnière complètement exposée. La coupe est particulièrement intéressante au Pilon-du-Roi, qui forme au sommet de la crête une sorte de grosse tour isolée (coupe n° 4, Pl. II) à parois verticales. Au pied du rocher, au sud, sont les marnes néocomiennes froissées et écrasées ; le rocher lui-même est en calcaires blancs, jurassiques ou plus probablement valanginiens, la pente sud est en dolomies jurassiques, et, en descendant vers la ferme des Mares, on voit réapparaître le néocomien, dessinant trois anticlinaux secondaires, au centre desquels se montre l'hauterivien enveloppé par le valanginien, puis par le jurassique. Deux des charnières sont bien visibles et exposées sans discontinuité, près du croisement du chemin de Notre-Dame-des-Anges (V. *fig.* 3, p. 19).

La zone *f* se compose donc, elle aussi, d'une nappe de terrains renversés, postérieurement plissée. Elle occupe par rapport à l'aptien et au trias la même position relative que la zone *c*, dont elle est seulement la continuation, interrompue par la dénudation. De même, et pour les mêmes raisons, il est clair que les ilots de la Galinière et

de Cadolive se rattachent, en réalité, à cette même zone, et n'en sont que des lambeaux respectés par l'érosion.

Au sud de la zone *f* on rentre dans une série où les superpositions sont partout régulières, et qui forme la masse principale du massif de l'Étoile.

Résumé et conclusions relatives à la bande de Mimet. — J'ai insisté un peu longuement sur la bande de Mimet, parce que l'existence de cette nappe renversée est le fait capital qui éclaire la géologie de toute la région. On peut la suivre bien loin à l'est et au sud-est, au pied de la Sainte-Beaume comme autour du massif d'Allauch, et c'est elle qui seule peut donner la clef de ces structures compliquées. Sans aller si loin, pour la question à laquelle je veux me borner ici, celle du bassin de Fuveau, cette notion est le point de départ nécessaire d'une interprétation d'ensemble ; il convenait donc d'accumuler et de préciser les preuves, de manière à ne laisser aucun doute sur ce point de départ. On voit, en résumé, qu'en divisant la surface en six zones longitudinales, il y a des preuves directes du renversement général des terrains pour trois de ces zones, et que, pour toutes, on peut démontrer que la zone composée des terrains plus récents, s'enfonce et passe sous celle qui est composée de terrains plus anciens.

On voit aussi que cette nappe de terrains renversés est une nappe complexe formée de la superposition de plusieurs nappes distinctes : les zones *a* et *c* forment une première nappe (gault et aptien), superposée au crétacé supérieur, avec lequel le contact se fait par tous les termes successifs, du cénomanien jusqu'au bégudien. Les zones *b* et *f* forment une seconde zone superposée à la première, comprenant le néocomien et le jurassique, mais comme tronquée par le bas et débutant par un terme quelconque de la série. Enfin le trias forme une troisième nappe indépendante qui recouvre et rabote toutes les autres. Ces trois nappes sont donc limitées par

trois grandes surfaces de glissement, trois grands *thrust planes*, qui amènent entre elles de remarquables apparences de discordances. Un lambeau de brèches superposé aux marnes irisées de Saint-Germain donne à prévoir qu'il y avait un quatrième *thrust plane*, isolant la nappe non renversée qui surmontait toutes les autres, et qui là, a été enlevée par la dénudation. La coupe schématique ci-jointe (*fig.* 11) reconstitue l'allure et la composition moyenne de ces nappes, telles qu'elles devaient être avant le mouvement qui les a plissées.

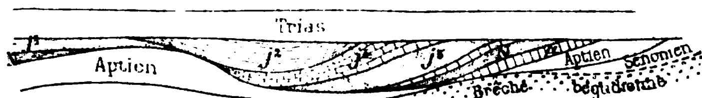


FIG. 11. — *u*, urgonien. — N, néocomien. — j^5, jurassique supérieur. — j^4, séquanien. — j^2, oxfordien et callovien.

Un fait intéressant, c'est que chaque surface de glissement coïncide d'un côté avec une couche marneuse qui semble avoir servi de lubréfiant. On a souvent remarqué la fréquence avec laquelle les marnes irisées jouent ce rôle ; ici elles apparaissent deux fois, en position renversée et en position normale, et elles déterminent deux *thrust planes* qui encadrent et isolent le trias. De même, deux autres surfaces de glissement, correspondant au gault et au sommet des marnes aptiennes, isolent la bande aptienne, et enfin à la base le glissement s'est fait sur les marnes bégudiennes, associées à la brèche.

Il est bon de rappeler, en terminant ce chapitre, que la galerie à la mer des charbonnages des Bouches-du-Rhône doit passer prochainement à 350 mètres de profondeur, sous l'affleurement triasique de Saint-Germain. Il est à peu près certain qu'elle ne rencontrera pas le trias, fournissant ainsi la vérification matérielle des conclusions précédentes ; il est plus difficile de dire si elle

ne coupera pas le fond de la cuvette aptienne, mais en tout cas on peut prévoir que la plus grande partie de son parcours, sous la bande de Mimet, se fera dans les couches bégudiennes et fuvéliennes (*fig.* 2, Pl. III).

Massif de l'Étoile. — Faille du Pilon-du-Roi. — Au sud de la bande de Mimet, comme je l'ai dit, on entre dans une région toute différente : tous les terrains sont en place, dans l'ordre normal de stratification et, d'une manière générale, ils inclinent doucement vers le sud. Entre les Bastidonnes et la Galère seulement, sur 2 kilomètres de longueur environ, il y a une légère retombée vers le nord. Il n'y a rien dans les affleurements qui justifie la notion généralement admise d'un pli renversé bordant au nord les massifs de la Nerthe et de l'Étoile ; nulle part on ne voit les couches se replier ni revenir sur elles-mêmes. Que la série commence avec le lias (tunnel de la Nerthe), avec le bathonien (tranchée de Septèmes) ou avec les dolomies jurassiques (Pilon-du-Roi et Notre-Dame-des-Anges), c'est partout une série normale, avec pendage au sud. Il y a deux exceptions : à l'est des Bastidonnes, le callovien et l'oxfordien forment voûte, et les couches s'abaissent au nord jusqu'au néocomien (*fig.* 2 et 3, Pl. II), mais c'est une voûte très surbaissée, sans fortes pentes et sans indice de renversement, ni même de tendance au renversement. A l'extrémité est du massif, la galerie du Terme, creusée en tunnel près de la surface par la Compagnie de Saint-Savournin, a traversé les premières couches du massif, composées d'infra-lias. Ces couches qui, à partir de là, le long de la route de Marseille, plongent régulièrement vers le sud, suivant la règle générale, ont été trouvées dans la galerie formant voûte, et cette voûte semble se replier sur elle-même en se couchant vers le nord. C'est, du moins, l'explication qui m'avait paru évidente ; c'est celle qu'avait admise M. Collot en publiant

cette coupe (*). Je crois maintenant, d'après la continuité avec les coupes relevées à la surface, que les dolomies en contact avec le bégudien ne sont pas le retour par plissement des dolomies rencontrées plus au sud, qu'elles en sont séparées par une faille, dont le passage est marqué par une zone de brouillage (*fig.* 12), et que, probablement, elles doivent appartenir à la bande de Mimet. La voûte d'infra-lias ne serait plus alors qu'une voûte surbaissée semblable à celle des Bastidonnes, et conforme à la règle générale énoncée plus haut.



Fig. 12. — Coupe de la galerie du Terme.

La coupe de la tranchée de Septèmes est curieusement instructive à ce point de vue. La bande de Mimet y est représentée par la zone *a*; par la brèche et par une lame étroite de jurassique supérieur, continuation ininterrompue de la zone *c*. A 2 mètres environ plus au sud, commence la série normale et régulière, débutant par le bathonien, et entre les deux on trouve une zone de terrains étirés, où l'on reconnaît des représentants du bajocien, du lias et même du muschelkalk (Voir *fig.* 7, p. 29). S'il y avait pli couché, ces termes seraient renversés, ce qui n'est pas. L'étirement des couches, réduisant à 2 mètres d'épaisseur une série de plusieurs centaines de mètres, est un phéno-

(*) *Bull. Soc. géologique*, 3e série, t. XIX, p. 1140. Les autres coupes de la même région, données par M. Collot, notamment la *fig.* 21 (coupe à 200 mètres au sud-est de Cadolive) admettent également un anticlinal renversé dans le bord de la série jurassique de l'Étoile; cette interprétation était toute naturelle, mais il est facile de voir, sur ces coupes et dans le texte, que ce n'est qu'une interprétation. Il n'y a nulle part d'autres terrains renversés que ceux de la bande de Mimet, telle que je l'ai définie plus haut.

mène caractéristique des plis couchés ou des grands charriages. D'une part, il n'y a, comme je viens de le dire, pas trace visible de pli couché, et, d'autre part, un pli couché qui aurait sa racine en ce point n'aurait dû produire ces étirements que dans le flanc renversé ; par conséquent, sur ce seul indice, on peut prévoir qu'on est en présence de masses charriées, ou, en d'autres termes, que, s'il y a pli couché, la racine en est bien loin au sud.

Sans insister davantage sur la structure du massif de l'Étoile, ce qui m'écarterait de mon sujet, je passe à l'examen de la faille (faille du Pilon-du-Roi), qui sépare la partie renversée de la partie non renversée. D'après ce caractère même, elle est facile à suivre sur le terrain, quoique en certains points elle mette en contact les dolomies jurassiques de la bande de Mimet (zone *e*) avec celles du massif de l'Étoile. Elle se prolonge bien loin à l'ouest, et dans le tunnel de la Nerthe on a constaté que, jusqu'à 200 mètres de profondeur, son inclinaison moyenne est voisine de la verticale ; dans la tranchée, son inclinaison (vers le sud) est de plus de 45° ; enfin, à l'est, un travers-bancs des mines de Valdonne l'a recoupée un peu au-dessous du niveau de la mer; dans la galerie même la pente était de 65° ; mais la pente moyenne, d'après l'affleurement à la surface, est de 35° environ. On voit donc que la faille a une inclinaison variable ; on peut retenir seulement que, dans l'ensemble, cette inclinaison est nettement accusée vers le sud ; en certains points elle se rapproche de celle que nous avons constatée pour la faille de la Diote.

Ceci posé, d'où peut venir la nappe de terrains renversés ? Il est clair qu'elle ne s'arrêtait pas brusquement à la ligne où s'en terminent les affleurements ; il faut donc, pour venir à sa place actuelle, qu'elle ait passé, *ou au-dessus, ou au-dessous, de la chaîne de l'Étoile.* Les deux hypothèses paraissent également invraisemblables ; l'une d'elles pourtant est nécessairement vraie.

J'avais rejeté d'abord sans discussion la seconde hypothèse; l'observation des faits m'y a ramené peu à peu et me l'a en quelque sorte imposée. Je ne puis donner ici que le cadre de la démonstration, qui, pour être complète, exigerait une description des massifs voisins.

A l'ouest du chemin de fer de Septèmes, le trias de la zone *d* reparait en traînées discontinues qui vont peut-être jusqu'au Rove; sur tout ce parcours, c'est-à-dire sur plus de 12 kilomètres, ce trias est dans le voisinage immédiat du lias, ou même du trias, qui se montrent, de l'autre côté de la faille, à la base de la série non renversée. A l'ouest de la ferme de la Candole (*fig.* 13), le trias



Fig. 13. — Coupe près de la ferme de la Candole — N, néocomien. — j^5, jurassique supérieur. — j_1, calcaires marneux (oxfordien, bathonien et bajocien). — *l*, lias. — I, infralias — *Tr*, trias. — F, faille du Pilon-du-Roi.

et l'infralias ne sont séparés que par une petite crête néocomienne (*), large à peine de quelques mètres. Si le trias de l'Étoile est en place, il est séparé du trias de la série renversée par toute l'épaisseur du jurassique, augmentée de celle de la série renversée; c'est une différence de hauteur de près de 1.000 mètres. Il est invraisemblable qu'une faille de cette amplitude ramène avec une pareille persistance, au voisinage l'un de l'autre, deux trias si éloignés dans la série verticale.

A l'extrémité orientale du massif de l'Étoile auprès de

(*) Ce néocomien ne m'a pas fourni de fossiles, et n'est déterminé que d'après son apparence lithologique. L'*Ammonites fissicostatus*, trouvé par M. Vasseur près de la tranchée du chemin de fer, dans des calcaires à peu près semblables, peut jeter un doute sur cette détermination; mais, en tout cas, néocomiennes ou aptiennes, ce sont toujours des couches crétacées.

Cadolive, une faille transversale, reconnue par les exploitations, dite faille de 80 mètres, rabaisse les terrains au sud-est ; cette faille, bien visible à la surface, décroche de plus de 300 mètres le bord du massif jurassique et la grande faille du Pilon-du-Roi. Il faut donc que là cette faille n'ait près de la surface qu'une inclinaison de 25 p. 100 ou de 15°.

Un peu plus loin, une seconde faille transversale, également reconnue par les travaux, la faille Doria, rabaisse les terrains de 300 mètres à l'est et reporte de 500 mètres au nord la même bordure jurassique, en détachant le petit massif de Peypin. En même temps, la nappe de terrains renversés, momentanément interrompue, reparaît au sud, formant à l'est de Pichauris un grand îlot triangulaire, partiellement recouvert de trias et d'infralias (*). Or là, la nappe renversée s'enfonce au nord sans ambiguité sous le massif de Peypin et va même reparaître de l'autre côté du massif, sur le bord nord-est. Elle longe aussi vers le sud le massif de l'Étoile ; on peut en conclure qu'elle pénètre d'au moins 5 kilomètres sous le massif de l'Étoile. C'est un minimum, et je crois même qu'elle va reparaître au sud du massif, dans la plaine de Marseille. Mais c'est là un autre problème, que je ne veux pas traiter ici, et dont la solution n'importe pas directement à l'objet de cette note. Le seul fait que je veuille retenir est que la nappe renversée a sa continuation *au-dessous et non au-dessus* du massif de l'Étoile, que par conséquent le crétacé, sur lequel elle repose, pénètre profondément sous le massif; le lambeau de Gardanne, comme je l'ai montré direc-

(*) Voir, pour une description plus détaillée, mon mémoire sur le massif d'Allauch (*Bulletin des services de la carte géologique*, t. III, 1891). J'avais hésité alors à tirer définitivement la conclusion des faits observés, à cause de la difficulté d'un raccordement avec les coupes de la Sainte-Baume. De nouvelles observations que j'exposerai prochainement en détail ont levé ces difficultés.

tement dès le début, provient précisément de ces parties profondes, situées primitivement très au sud sous le massif.

En résumé, la faille du Pilon-du-Roi est, comme la faille de la Diote, comme la faille du Safre, comme les *thrust planes* de la bande de Mimet, une faille de chevauchement. De même que la faille de la Diote amène au jour un lambeau du substratum entraîné par le charriage, de même que la faille du Safre amène au jour la bande des terrains renversés, ou lambeau de poussée (*), la faille du Pilon-du-Roi amène au jour la masse non renversée des terrains de recouvrement. Le fait que cette faille soit à peu près verticale dans le tunnel de la Nerthe, et probablement en d'autres points, ne peut pas être une objection, puisque nous savons maintenant que ces failles de chevauchement ont été postérieurement plissées avec les couches. Mais, de plus, il est facile de voir, d'après l'allure même des coupes, qu'il y a là un accident spécial auquel est due la plus forte inclinaison de la faille. Considérons ainsi la coupe de la planche II, qui montre le néocomien et les dolomies de Notre-Dame-



Fig. 14 et 15.

des-Anges se relevant au contact de la faille, en formant un synclinal ouvert vers le nord. Pour que les terrains s'enfoncent ensuite sous le massif de l'Étoile, il semble

(*) C'est l'expression rendue classique, pour la nappe renversée, par les travaux de M. Gosselet dans le nord. En fait, elle s'appliquerait mieux ici au lambeau de Gardanne, que je propose, pour le distinguer, d'appeler *lame de charriage*.

nécessaire qu'un anticlinal les ramène à plonger réellement au sud. Aucune trace de cet anticlinal n'est visible ; il faut donc qu'il soit supprimé par une faille (*fig.* 14), ou encore qu'en ce point (*fig.* 15) le charriage, rencontrant un obstacle, une inégalité du substratum, ait *retroussé* la nappe renversée sous-jacente. En tout cas, la coupe actuelle montre qu'il y a là un point singulier, où, soit par suite d'un affaissement postérieur, soit par suite d'une circonstance spéciale et locale dans le phénomène même de charriage, la faille de charriage n'a pas et ne doit pas avoir sa pente habituelle.

Pli de Bouc et Cabriès. — J'aurais terminé ici l'exposé des principaux accidents de la bordure du bassin crétacé de Fuveau, si M. Vasseur ne m'avait montré, un peu plus au nord, dans les calcaires éocènes, un remarquable plissement, qui se relie à une même origine, et qui vient compléter d'une manière tout à fait instructive l'analogie avec le bassin houiller du nord. Ce plissement avait passé jusqu'ici inaperçu, et en effet il se manifeste dans des calcaires très pauvres en fossiles et très uniformes d'aspect ; le caractère véritable en est masqué par des accidents secondaires, et il fallait, pour en reconnaître l'existence, joindre à une patience minutieuse et à des recherches prolongées, une connaissance approfondie des fossiles tertiaires.

Le pli de Bouc est un pli couché dans les calcaires de Langesse (couches à *Physa Draparnaudi*) ; M. Vasseur en a trouvé la charnière bien visible, avec reploiement des bancs calcaires autour de cette charnière. Le flanc non couché du pli se continue par des plateaux qui succèdent régulièrement au calcaire de Saint-Marc et aux terrains crétacés en place. Il n'est donc plus question ici de charriage, mais seulement d'un pli du substratum.

Or ce qui est remarquable, c'est que ce pli n'est visible

et ne semble exister qu'en face de la faille de la Diote, au nord du lambeau de Gardanne. Si l'on suit la faille plus à l'est, les différentes couches crétacées, comme je l'ai expliqué, viennent successivement en contact avec elle ; le pli de Bouc a complètement disparu. Quelques indices montrent pourtant qu'il se continue rudimentairement en profondeur, ou, en d'autres termes, qu'il est remplacé ou représenté par des lambeaux de terrains renversés, échelonnés *sous la faille*.

D'abord, au sud de Gardanne, M. Vasseur a découvert un lambeau de bégudien (avec Physes), pincé entre le fuvélien du lambeau de Gardanne et les argiles à reptiles en place. Plus loin, au nord de Mimet, après l'inflexion de la faille de la Diote vers le sud-est, la galerie de la cote 178 l'a traversée, et a rencontré la coupe ci-jointe, qui m'a été communiquée par M. Domage, directeur des charbonnages des Bouches-du-Rhône (*fig.* 16). On voit

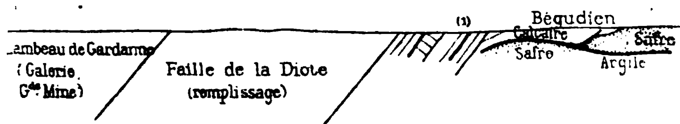


Fig. 16. — Coupe des terrains avoisinant la faille de la Diote (galerie de la cote 178, charbonnages des Bouches-du-Rhône). — (1), veinules de charbon et calcaires noirs coquilliers.

que la faille a pris là une inclinaison plus grande, et qu'elle est séparée des terrains bégudiens en place (safre et argile) par des calcaires fossilifères, avec traces de charbon, attribués au fuvélien. Sans en avoir la preuve, je croirais volontiers que cette série est renversée, et que le valdonnien y est représenté à l'ouest, à la partie supérieure.

Enfin la galerie Armand, dont j'ai déjà parlé, auprès de Cadolive, a suivi, à peu près au niveau de la mer, la mine de Gros-Rocher jusqu'à la faille de 80 mètres, puis

elle est entrée en travers-bancs et a recoupé tout le fuvélien renversé (*fig.* 17), avant d'atteindre le trias (*).
On peut voir là l'amorce en profondeur du synclinal de Bouc.

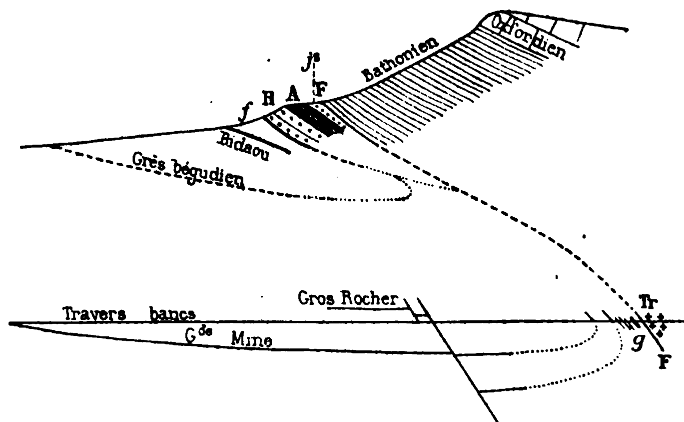


Fig 17. — Coupe de la galerie Armand (charbonnages de Valdonne). — H, calcaire à rudistes. — A, aptien. — j^5, dolomies jurassiques. — *Tr*, trias. — *f*, faille du Safre. — F, faille du Pilon-du-Roi.

Si l'on compare ces différentes coupes, on voit qu'elles peuvent toutes se traduire par la même formule : les masses charriées ont rebroussé les couches sur lesquelles elles glissaient et les ont soulevées en un bourrelet plus ou moins large. Il n'y a pas eu traînage d'ensemble ; dans le centre du pli formé, le flanc renversé est resté en continuité avec le flanc normal ; il y a seulement eu, pour les couches enveloppantes, écrasement et entraînement partiel de quelques lambeaux du flanc renversé (*fig.* 18).

Ce bourrelet est *local;* il n'a qu'une faible extension

(*) La galerie a rencontré, 1 ou 2 mètres avant le trias, une mince couche de gypse intercalée dans le valdonnien. C'est évidemment du *gypse régénéré*, c'est-à-dire du gypse triasique entraîné par les eaux et recristallisé dans une fente.

longitudinale. Si donc il y a d'autres phénomènes restreints au même espace, il est naturel de chercher à les mettre en relation de cause à effet. Or c'est ce qui a lieu : le pli de Bouc, ou les lambeaux et les rebroussements qui le continuent, *n'existent qu'en avant du lambeau de Gardanne*. C'est donc dans l'existence de ce lambeau qu'on doit chercher la cause de leur formation.



Fig. 18.

Rien ne semble en effet plus naturel, dans la mesure du moins où l'on peut se rendre compte du mécanisme de ces chevauchements : tant que les masses charriées glissent sans obstacle sur leur substratum, l'ensemble des observations montre qu'elles n'y déterminent pas d'accident ni de modification notable. Mais si, pour une raison ou pour une autre, elles entraînent quelque part un lambeau de ce substratum, cet épaississement ajouté à leur base crée un obstacle à la continuation du mouvement, détermine des résistances et des frottements dont la conséquence est un nouvel entraînement de matière et la formation d'un bourrelet. Ce bourrelet même contribue à arrêter le lambeau qui l'a formé, et alors le mouvement d'ensemble, débarrassé de cet obstacle, peut continuer dans les conditions primitives.

Il serait facile, en poussant plus loin l'analyse, de montrer que le bourrelet ainsi formé ne doit pas être un pli anticlinal, mais seulement le bord relevé d'une cuvette synclinale, dans lequel les couches sont écrasées ou supprimées sur une longueur d'autant plus grande qu'elles

sont plus anciennes, ou, si l'on veut, plus extérieures. C'est bien ce qui arrive à Bouc et à Cabriès. Il est remarquable que les mêmes phénomènes et les mêmes apparences se produisent pour le bord sud (zone *f*) de la bande de Mimet. On peut, il me semble, en conclure que le substratum renversé de la partie nord de la chaine de l'Étoile a été, comme les terrains de Bouc, poussé et pressé en avant dans le mouvement de charriage (c'est l'hypothèse représentée *fig.* 15), et que, par conséquent, ces terrains renversés ne doivent plus exister sous la partie septentrionale de la chaine. Et comme c'est là qu'a été aussi probablement arraché le lambeau de Gardanne, la nappe de l'Étoile doit, au moins au nord, reposer directement sur le valdonnien ou même sur le Santonien (calcaire à hippurites). Les coupes du massif d'Allauch paraissent fournir une confirmation de cette hypothèse.

Résumé relatif à la bordure du bassin de Fuveau. — Nous sommes en mesure maintenant de résumer et d'embrasser dans un coup d'œil d'ensemble les particularités de la bordure du bassin de Fuveau. Elles sont toutes dans une dépendance étroite les unes des autres et dans un rapport simple avec un grand phénomène de charriage vers le nord.

Les faits d'abord sont les suivants :

Les couches *en place* du bassin de Fuveau forment une sorte de demi-coupole, un grand dôme surbaissé autour du petit massif jurassique de Regaignas ; elles sont affectées de cassures radiales, qui ont donné naissance aux *moulières*, et qui vont converger vers le centre de ce massif.

Du côté de l'ouest, dans la partie où les couches, par suite de leur disposition en ellipses concentriques, sont dirigées du nord au sud, elles disparaissent brusquement sous une faille peu inclinée, orientée de l'est à l'ouest.

Cette faille (faille de la Diote) superpose aux terrains en place un *paquet* de couches en stratification normale et régulière, un peu plus anciennes et différemment orientées (lambeau de Gardanne). Les courbes de niveau de ces couches montrent aussi l'amorce d'une disposition en ellipses concentriques ; mais ces ellipses ne pourraient se raccorder avec celles des couches en place ou avec leur continuation probable qu'en ramenant les premières de 5 à 6 kilomètres plus au sud. Le lambeau de Gardanne est précédé au nord, sur une partie de son parcours, par un bourrelet éocène, dû au relèvement des bords d'une cuvette synclinale couchée (pli de Bouc et de Cabriès).

Le lambeau de Gardanne s'enfonce au sud sous une nouvelle faille (faille du Safre), également peu inclinée et également orientée de l'est à l'ouest. Cette faille le sépare d'une nappe de terrains renversés, qui, au lieu de s'étendre horizontalement sur les précédents, a été affectée de plis nombreux, uniformément couchés vers le nord. On voit en plusieurs points les charnières de ces plis montrant les terrains les plus récents au centre des anticlinaux. La nappe de terrains renversés se décompose elle-même en quatre nappes indépendantes, séparées par des surfaces de glissement qui ont été plissées avec les couches. La première nappe, ou nappe inférieure, comprend le crétacé supérieur ; la seconde, le gault et l'aptien ; la troisième, le néocomien et le jurassique ; et enfin la quatrième, nettement discordante avec les autres, est uniquement composée de trias.

La nappe renversée est séparée des couches en stratification normale de la chaîne de l'Étoile par une troisième faille, la faille du Pilon-du-Roi. En certains points elle s'enfonce sous cette faille, en d'autres elle se rebrousse à son contact. Mais la faille, dans son ensemble, quoique débutant quelquefois verticalement, présente également une faible inclinaison vers le sud, si bien que

la chaîne de l'Étoile, au moins dans sa plus grande partie et peut-être dans sa totalité, est superposée au crétacé.

L'explication, comme je l'ai dit, est tout entière liée à un grand phénomène de charriage : la chaîne de l'Étoile, sans chercher provisoirement à préciser l'ampleur du mouvement, a été poussée et trainée sur le bassin crétacé de Fuveau, étalant irrégulièrement au-dessous d'elle, suivant la loi ordinaire de ces phénomènes, une nappe de terrains renversés. Dans son mouvement, la masse charriée a rencontré le bourrelet formé par le dôme surbaissé de Regaignas; elle l'a raboté et a entraîné avec elle un morceau du substratum (lambeau de Gardanne), qui, retardé par les frottements, rebroussant à son contact les couches en place sur lesquelles il glissait, a dressé devant lui le pli de Bouc et de Cabriès, et n'a pu s'avancer que de 5 à 6 kilomètres. Le charriage de la grande nappe n'en a sans doute pas moins continué plus loin encore ; mais, dans cette partie au moins de la Provence, la dénudation a supprimé toute trace d'un avancement plus septentrional.

On peut suivre encore quelques phases subséquentes de l'histoire des mouvements du sol ; les fentes, disposées radialement autour du massif de Regaignas, ont joué postérieurement ; il est probable, en effet, qu'elles sont contemporaines de la formation du dôme ; mais les dénivellations qui les accompagnent sont, en partie au moins, certainement postérieures ; car, d'une part, l'une d'elles affecte la faille de la Diote, et d'autres se font sentir, à la fois et également, sur le substratum et sur la bordure du massif de l'Étoile. Après la formation de ces failles, les pressions ont continué à agir, car elles ont rapproché les bords des failles est-ouest, tandis que les failles obliques à cette direction sont restées ouvertes et bâillantes, les failles nord-sud donnant lieu aux moulières les plus importantes. C'est cette continuation des pressions qui a

déterminé dans la nappe renversée, tout le long de la bande de Mimet, des plis couchés vers le nord (*).

Cette nouvelle conception de la structure du bassin montre que les couches de charbon ont une extension vers le sud très supérieure à ce que l'on supposait ; elles ne doivent être limitées que par la faille du Pilon-du-Roi. Ainsi, il est probable que, sur le trajet de la galerie à la mer, les couches en place existent environ à 2 ou 300 mètres au-dessous du niveau de la mer, et que les couches du lambeau de Gardanne remonteront jusqu'au niveau même de la galerie.

COMPARAISON AVEC LE BASSIN HOUILLER DU NORD.

L'exposé précédent met immédiatement en évidence la relation fondamentale de structure qui existe entre le bassin houiller du nord de la France et le bassin de Fuveau ; l'un et l'autre ont été affectés par de grands mouvements de charriage ; l'un et l'autre représentent de larges cuvettes qui ont été en partie recouvertes par des terrains plus anciens.

Si la ressemblance se bornait là, il n'y aurait pas besoin de longs développements pour la faire ressortir ; mais elle se poursuit, selon moi, dans le détail même des phénomènes. Le pli de Bouc, le lambeau de Gardanne, la bande de Mimet et le massif de l'Étoile ont tous leurs représentants dans le bassin houiller ; à la faille de la Diote correspond la faille d'Abscon ; à la faille du Safre, la faille limite ; et à la faille du Pilon-du-Roi la grande

(*) On pourrait, il est vrai, invoquer pour la formation de ces plis un simple affaissement, un enfoncement dans le substratum, comme celui des marnes vertes dans le gypse parisien. Mais, même dans cette hypothèse, le fait que tous ces plis sont couchés vers le nord force à invoquer la continuation des pressions latérales.

faille eifélienne, ou faille du Midi. Non seulement ces failles sont disposées de la même manière, mais elles jouent exactement le même rôle dans les deux bassins. Les structures sont si exactement calquées l'une sur l'autre que celle d'un des deux bassins, là où elle est mieux connue, peut expliquer les points obscurs de l'autre.

Le point de départ de cette comparaison de détail est le fait que le lambeau de Denain n'est pas le véritable bord de la cuvette houillère, mais que c'est un lambeau charrié, comme celui de Gardanne. J'ai émis cette opinion dans un mémoire publié ici même il y a quatre ans (*) ; mais depuis, M. Chapuis (**) a présenté à cette théorie une série d'objections, qui, d'une part, modifient heureusement la position que j'avais attribuée à la faille de poussée et, d'autre part, tendent à mettre en doute la prolongation du terrain houiller en place sous le lambeau de Denain. Il importe d'abord d'examiner ces objections, qui ne me semblent pas de nature à modifier mon idée première ; je crois même que la rectification faite par M. Chapuis permet maintenant de grouper les faits avec une évidence qui donne à la solution un caractère bien voisin de la certitude.

Faille d'Abscon et lambeau de Denain ; leur continuation dans le Pas-de-Calais. — Tout d'abord, quoique ce ne soit pas l'ordre logique, je veux faire remarquer que la comparaison avec le midi suffit à faire pressentir que, s'il y a faille de charriage, ce rôle doit être attribué à la faille d'Abscon, et non au cran de retour. Le lambeau d'Abscon occupe la place du pli de Bouc; par conséquent, ce doit être un bourrelet formé sur place, par relèvement

(*) Études sur le bassin houiller du Nord et sur le Boulonnais, *Annales des Mines*, juin 1894.

(**) Note sur la constitution du midi du bassin houiller de Valenciennes, *Annales des Mines*, août 1895.

des couches, avec déchirures, mais sans transport ; il doit être composé de couches semblables aux couches en place voisines, appartenant avec elles à un même faisceau. Quant au cran de retour, il n'a pas d'équivalent dans le midi ; on peut en conclure que c'est un phénomène d'un autre ordre, sans rapport direct ni nécessaire avec le charriage. Tout cela est exactement ce qu'a montré M. Chapuis.

M. Chapuis s'est fondé sur la coupe de la nouvelle bowette (niveau 400) de la fosse Saint-Mark (Compagnie d'Aniche), bowette qui a traversé les deux failles et tout le lambeau intermédiaire. Le cran de retour est une faille nette, avec remplissage de quelques centimètres ; les terrains du toit présentent une complète analogie d'allure avec ceux du mur, et la teneur en matières volatiles diffère peu. La faille d'Abscon, au contraire, correspond à une zone de brouillage dans des couches extrêmement tourmentées et broyées, et les terrains restent bouleversés jusqu'à une grande distance au sud ; la teneur en matières volatiles, l'allure des couches, et même le caractère de la flore, à peine modifiés par la première faille, varient brusquement d'un côté à l'autre de la seconde.

L'allure des couches est celle d'un synclinal à bord sud renversé, sans que nulle part les couches renversées se replient au sud pour indiquer une amorce anticlinale. C'est un nouveau trait qui, en précisant l'analogie avec le pli de Bouc, vient indirectement à l'appui des faits précédents. Je considère donc, avec M. Chapuis, la conclusion comme bien établie ; s'il y a une partie charriée, c'est la faille d'Abscon qui la limite au nord. Le cran de retour est un accident d'un autre ordre, qui sépare deux systèmes également *en place* l'un et l'autre, et primitivement déposés l'un auprès de l'autre. Je reviendrai tout à l'heure sur le cran de retour, je dirai seulement ici que, par suite des constatations faites à l'Escarpelle, sa conti-

nuité avec la faille Reumaux, dans le Pas-de-Calais, paraît maintenant indiscutable.

Quant à la faille d'Abscon, si c'est une faille de charriage, elle doit aussi, et à plus forte raison, se continuer à l'ouest; il se peut seulement qu'elle ne continue pas à affleurer au Tourtia, allant buter en profondeur contre le cran de retour, qui l'aurait relevée et aurait amené sa dénudation complète plus au nord. Il se peut aussi qu'elle continue à affleurer au Tourtia, et c'est l'hypothèse que j'avais choisie, en supposant que la faille de charriage suivait la zone de brouillage constatée à l'ouest du faisceau de Douai.

M. Chapuis croit ce trajet peu vraisemblable; les raisons qu'il en donne me semblent peu concluantes.

Elles ne contredisent ni n'expliquent le fait, affirmé par M. Olry, qu'une grande zone de brouillage isole au sud, à la bowette du midi de Saint-René comme à celle de Dechy, *un faisceau de veines inconnues aux autres fosses* (*), avec une teneur en matières volatiles brusquement accrue de 4 p. 100. A la bowette Notre-Dame il n'en est plus de même; les couches rencontrées, jusqu'à Claire compris, qui forme fond de cuvette, appartiennent bien certainement au faisceau de Douai, comme l'indique M. Chapuis; seules, les dernières au sud (Germaine et Nouvelle-Veine), un peu moins riches en matières volatiles, n'ont encore été assimilées avec certitude à aucune couche, ni du faisceau de Douai, ni du faisceau sud de Saint-René; mais, dit M. Chapuis, elles appartiennent manifestement à ce dernier faisceau.

Si l'on admet cette assertion, le faisceau sud se trouve limité au nord par une ligne à peu près droite (*fig.* 2, pl. IV, de M. Chapuis), qui, partant de la fosse Saint-René, va passer entre les traces de Claire et de Germaine, qui

(*) Olry, *Bassin houiller de Valenciennes*, p. 328.

coïncide avec la zone de brouillage, et rien absolument n'empêche que la ligne ainsi précisée ne corresponde au passage de la faille d'Abscon. M. Chapuis combat avec succès un autre point de passage possible, au nord de la veine Claire, mais il ne parle pas de celui que j'indique, soit parce qu'on n'a pas là constaté de faille très marquée, soit parce que « Claire et Germaine paraissent s'emboîter au couchant dans le grand pli du faisceau de la fosse n° 4 de l'Escarpelle ».

La première raison n'aurait pas grande valeur; on sait combien de fois ces grandes failles de glissement, presque parallèles aux couches, ont passé inaperçues dans les exploitations : ainsi, par exemple, à Blanzy et à Bessèges. Quant à la seconde raison, si l'emboitement semble bien certain pour Claire, rien ne l'indique jusqu'ici pour Germaine et Nouvelle-Veine, dont la direction est, au contraire, sensiblement aberrante de celle des couches du faisceau de Douai; dans le cas d'ailleurs où cet emboîtement serait démontré par les travaux ultérieurs, si Germaine et Nouvelle-Veine appartenaient au faisceau de Douai, elles appartiendraient à sa partie supérieure, et, comme le calcaire a été rencontré à faible distance à l'ouest, il n'y a évidemment pas place pour toute la série inférieure. Il faut donc qu'il y ait une faille dans l'intervalle. La faille précédemment indiquée ferait un léger crochet ; mais elle passerait toujours le long de la bordure; c'est là la seule conséquence qui importe, et elle me parait inévitable.

Mais il y a plus : ce tracé de la faille, qu'imposent les considérations locales, quel que soit d'ailleurs le rôle qu'on attribue à cette faille, se trouve continuer exactement, au nord-ouest et au sud-est, deux autres tracés indépendants, dont l'un est celui de la faille d'Abscon, et dont l'autre correspond certainement, comme je crois pouvoir le montrer, à une faille de charriage.

M. Chapuis a montré que la faille d'Abscon venait passer, dans la concession d'Aniche, entre la fosse Sainte-Hyacinthe et le faisceau de Sainte-Barbe et de l'Espérance; il ajoute qu'on arrive ainsi aux environs de la fosse de Roucourt et du bord du bassin, ce qui peut s'admettre, pourvu que l'on entende le mot « environs » dans un sens assez large. En réalité, la faille doit se dévier, comme le bord du bassin, comme la direction des couches, comme le cran de retour, et cette déviation la mène tout droit à la ligne indiquée plus haut.

Passons maintenant au nord de la concession de l'Escarpelle. La bowette nord de Courcelles (*) a rencontré, à environ 1.300 mètres du puits, une région failleuse, au-delà de laquelle les terrains plongent régulièrement au midi, parallèlement aux veines les plus méridionales de la fosse n° 8 de l'Escarpelle (faisceau de Leforest, ordinairement identifié à celui de Douai). On peut voir, d'après la carte d'ensemble de M. Soubeiran, qu'il résulte de ce fait une différence d'allure assez marquée entre les terrains du nord et du sud de la région failleuse. C'est déjà une présomption de l'existence d'un accident important; mais, de plus, M. Zeiller a montré qu'il y a une différence brusque et complète entre la flore du puits n° 1 de Courcelles, c'est-à-dire, puisque avant la région failleuse on ne sort pas du même système de couches, entre la flore du sud de la faille et la flore des couches situées plus au nord. Le contraste est tel que M. Zeiller n'a pas hésité à en déduire l'existence d'une faille, qu'il a placée provisoirement sur la continuation de la partie déviée de l'affleurement au Tourtia. C'est bien à peu près ce qui aurait lieu, sauf que la faille s'infléchirait vers le nord-ouest, et que probablement, comme je vais le montrer, elle s'arrêterait à la faille Reumaux, ou irait, du moins,

---

(*) Soubeiran, *Bassin houiller du Pas-de-Calais*, t. I, p. 16 et 17.

plus à l'ouest, confondre son affleurement avec celui de cette faille centrale.

Je sais bien que M. Soubeiran ne prête pas une grande importance à cette région failleuse, puisqu'il compte que la continuation de la bowette pourra éclairer le problème de la position relative des deux faisceaux situés au nord et au sud. Il ne tient, en effet, aucun compte de la différence de flore affirmée par M. Zeiller, et il propose d'assimiler (p. 61) la veine n° 28, c'est-à-dire la veine la plus inférieure du faisceau de Douai, avec la veine n° 11 du faisceau d'Hénin à Dourges (*), c'est-à-dire avec une des veines inférieures du faisceau à gaz de Dourges, Lens et Bully-Grenay ; « il s'ensuit, dit-il, que le faisceau gras de Dorignies doit correspondre à la base et à la partie moyenne du faisceau d'Hénin ». Les raisons sur lesquelles est basé ce rapprochement (présence d'une zone stérile à la base des deux couches, même teneur en matières volatiles) paraissent de bien faible valeur en présence de la grande dissemblance d'âge indiquée par la flore. Elles seraient déjà en partie contredites par l'impossibilité, à si faible distance, de faire « la moindre assimilation de veine à veine »; mais surtout il est maintenant inadmissible, quand la paléontologie est si affirmative, que le dernier mot ne lui reste pas : le faisceau de Courcelles, appartenant à la zone C de M. Zeiller, est supérieur aux 850 mètres de terrains reconnus à l'Escarpelle au-dessus de la veine 28. On doit donc en conclure que la « région faillée » de la bowette nord du puits n° 2 correspond à un grand accident.

Or, si on prolonge la ligne qui figure cet accident sur la carte de M. Soubeiran, elle va rejoindre, au sud du sondage d'Auby, le sommet du promontoire formé par la

---

(*) Et aussi, par conséquent, d'après les assimilations admises pages 60 et 61, avec la veine n° 7 de Courcelles.

brusque inflexion de l'affleurement du terrain houiller au Tourtia, au nord-ouest de Douai. Là, la trace de l'accident doit naturellement s'infléchir avec toutes les lignes directrices, et elle va ainsi rejoindre (*fig.* 1, pl. III) la ligne de brouillages décrite plus haut, continuation présumée de la faille d'Abscon.

Je ne veux pas entrer ici dans la discussion des coupes du Pas-de-Calais, à laquelle j'espère pouvoir prochainement consacrer une étude spéciale. Mais il m'est impossible de ne pas faire remarquer dès maintenant la signification presque évidente de la coupe de Lens (*), que je reproduis (*fig.* 19).

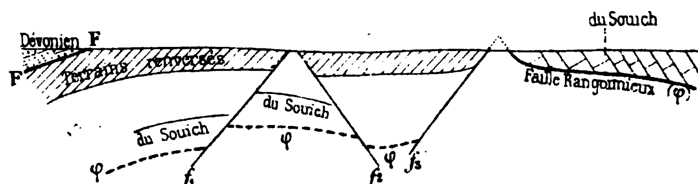


Fig. 19. — Coupe de la faille Rangonnieux (φ) (concession de Lens). — F, grande faille du Midi. — f_1, f_2, f_3, failles secondaires.

La faille Rangonnieux superpose horizontalement le faisceau des couches à gaz à un système tout différent; il suffit d'avoir eu l'attention appelée sur les phénomènes de charriage, pour en conclure, sans autre alternative possible, que le premier faisceau est un faisceau charrié, et, comme ce faisceau est incontestablement le même que celui de Courcelles, la zone de brouillages de la bowette du puits n° 1, non seulement comme je l'ai montré, correspond à un grand accident, mais, de plus, correspond à la trace d'une surface de charriage. Je ne sais pas si, dans la zone de brouillages, l'on a pu observer un pendage moyen pour l'accident et si ce pendage est plus ou

(*) Atlas de M. Soubeiran, coupe n° 7, pl. X.

moins incliné ; mais cela importe peu, puisque nous savons, par l'exemple de la Provence, que les surfaces de charriage n'ont pas conservé partout leur horizontalité primitive, et dès lors les probabilités sont évidemment pour que les lignes d'affleurement coïncident avec les parties de la surface les plus inclinées.

Ainsi, non seulement le trajet de la faille de charriage ne rencontre, le long de mon tracé primitif, aucune objection gênante (*), mais ce tracé va la raccorder, dans le Pas-de-Calais, avec une faille qu'on peut montrer directement être une surface de charriage. On voit combien la part d'hypothèse se trouve diminuée (**).

Je persiste à croire d'ailleurs, en dehors de la preuve nouvelle et plus directe qu'apporte la comparaison avec le Pas-de-Calais, que les considérations développées dans ma note précédente suffisaient à rendre la conclusion au moins très probable. J'avais montré, en effet (et mon raisonnement reste indépendant de la substitution de la faille d'Abscon au cran de retour) que, si l'on n'avait affaire dans le centre du bassin qu'à une ou à deux failles d'affaissement, si par conséquent les champs d'exploitation de Denain et d'Anzin n'étaient que les deux moitiés dénivelées d'une même cuvette, il fallait supposer des conditions de dépôt tout à fait exceptionnelles ; dans la moitié

(*) L'hypothèse d'une faille d'affaissement suivant ce tracé, qui, je crois, est le seul admissible, se heurterait, au contraire, à une grosse difficulté : à Dechy, au sud de la faille, la teneur en matières volatiles augmenterait ; elle diminuerait, au contraire, à Notre-Dame. Il faudrait alors admettre que la dénivellation change rapidement de sens, ou (ce qui d'ailleurs est bien possible) que la teneur en matières volatiles est un indice trompeur.

(**) Je n'ai pas parlé de l'argument que M. Chapuis croit pouvoir tirer de la présence du calcaire, dans les mêmes conditions, à Azincourt et à Dechy. Il doit y avoir là une inadvertance ; car le bord de Dechy et le bord d'Azincourt appartiennent tous deux, dans mon hypothèse, au lambeau charrié, et par conséquent il est tout naturel que le calcaire y offre, de part et d'autre, les mêmes rapports et la même disposition.

nord, toute la partie inférieure du terrain houiller (étages A, B_1 et B_2) serait riche en houille ; toute cette même partie, dans la moitié sud, serait à peu près complètement stérile. Pour l'étage inférieur A, qu'on ne connaît pas près de la faille, on peut admettre qu'il y a place pour le passage d'un faciès à l'autre ; mais pour B_1 et B_2, pour B_2 notamment, la modification se ferait avec une brusquerie à peu près inadmissible. M. Chapuis dit : du moment qu'il est prouvé que les formations de charbons demi-gras et maigres ont fait défaut au sud du bassin, « il n'est guère plus difficile de concevoir que ces formations ne se soient pas étendues jusqu'au bord méridional du bassin, en lui attribuant la largeur, actuellement connue, d'environ 12 kilomètres, qu'en lui supposant 5 kilomètres de plus ». Sous cette forme l'assertion est très exacte ; mais il ne s'agit pas de la largeur totale du bassin ; il s'agit de la distance entre le dernier point où le faisceau demi-gras est connu et celui où son absence est constatée. Cette distance est à peine de 2 kilomètres ; mettons 3 kilomètres pour la distance originelle avant le plissement des couches ; or à cette distance, évidemment bien petite pour de si grands changements, il n'est pas indifférent d'ajouter 5 kilomètres, c'est-à-dire de presque la tripler, surtout si l'on réfléchit que le déplacement de 5 kilomètres serait un *minimum*.

J'avais tiré un second argument de la disposition des couches et des affleurements dans la concession de Crespin. Si le bord des affleurements houillers marque, au sud de Valenciennes, le *bord vrai* de la cuvette houillère, c'est vers le puits d'Onnaing que ces couches et les terrains qui les avoisinent devraient aller aboutir, ce qui ne correspond guère avec la direction reconnue par les travaux. M. Chapuis essaie, il est vrai (p. 215) de jeter un doute sur les résultats du sondage d'Onnaing, parce que « les renseignements fournis par sondage présentent tou-

jours une certaine incertitude ». Dans le cas actuel, le doute me paraît peu justifié ; ce n'est pas seulement le sondage de la fosse d'Onnaing, c'est celui de la gare d'Onnaing, ce sont tous ceux de la région voisine qui ont rencontré le calcaire carbonifère ; les résultats en ont été analysés par M. Gosselet (*l'Ardenne*, p. 739 et 740) et ne prêtent, semble-t-il, à aucune ambiguïté. On peut dire, il est vrai, que dans toute cette partie le calcaire carbonifère est probablement, ainsi qu'au Boussu, ainsi qu'à Quiévrechain, discordant sur le terrain houiller, et que, par conséquent, sa présence n'indique plus le vrai bord du bassin, comme quand il y a concordance entre le calcaire et les schistes. De là en effet jusqu'auprès de Marly, c'est le dévonien qui semble directement en contact avec le terrain houiller (*) ; il suffirait donc que les couches de Dour viennent aboutir au sud de Valenciennes. Il est clair alors qu'à cette distance on ne peut arguer sérieusement du fait que la direction des couches, telle qu'elle est observée à la frontière, les mène en ce point ou à 2 kilomètres plus au sud. J'ai fait remarquer pourtant que la direction moyenne de ces couches (assimilées au groupe de Long-Terne) entre le puits Sainte-Odile et Quiévrechain, est bien plus inclinée au sud-ouest que les affleurements de la frontière, comme s'il y avait là des variations locales correspondant à un plongement irrégulier des ennoyages vers le sud-ouest. De plus, j'ai montré que cette direction moyenne était celle des ondulations de la surface des terrains primaires, qu'on pouvait suivre beaucoup plus loin, et qu'on a le droit de considérer comme marquant les lignes directrices du substratum plissé. J'aurais pu ajouter que la surface de base du terrain dévo-

(*) Ce n'est pas l'opinion de M. Olry (*Bassin houiller de Valenciennes*, p. 24). C'est pourtant le résultat probable auquel on arrive, si l'on essaie de tracer une ligne qui sépare les sondages qui ont rencontré le calcaire carbonifère et ceux qui ont rencontré le dévonien.

nien, aussi bien que la surface supérieure du terrain houiller, montrent la trace d'ondulations dirigées dans le même sens. Je comprends, et je l'ai dit explicitement, qu'on n'accorde pas une confiance absolue à cette catégorie d'arguments, qu'on peut qualifier de théoriques ; mais à mes yeux ils ont une grande valeur.

Enfin reste la question de discontinuité entre la coupe belge et la coupe française. Cette discontinuité, d'après M. Chapuis, serait purement apparente. Il suffit de prendre la coupe de Mons et de la supposer arrêtée à un plan situé quelques centaines de mètres plus bas ; il suffit, en d'autres termes, de supposer le bassin de Valenciennes *plus dénudé*, pour que les deux coupes puissent se raccorder et correspondent à une même structure d'ensemble. Théoriquement, en effet, cela serait admissible ; mais l'hypothèse ne paraît pas conforme aux faits observés. Pour que le bassin de Valenciennes fût plus profondément dénudé que le bassin belge, il faudrait qu'il fût surélevé par rapport à l'autre : c'est là une règle générale ; mais elle devient évidente lorsque la surface de dénudation est, comme ici, une surface à peu près plane. Il faudrait donc que les lignes d'ennoyage plongent vers l'est ; or c'est partout le contraire qui a lieu. Cela est bien visible au nord pour les faisceaux du Vieux-Condé et de Vicoigne ; j'ai fait remarquer qu'il en était de même au sud pour les couches de Crespin (*). Enfin un dernier argument peut se tirer de l'examen des masses plus anciennes qui recouvrent le bord de la cuvette houillère ; si l'on fait une coupe parallèle au bord des affleurements houillers, depuis le Boussu jusqu'à Valenciennes, on voit affleurer à l'est d'abord le carbonifère, puis le dévonien, et même

(*) On ne peut rien dire pour le pli intermédiaire de la zone demi-grasse, puisque la ligne d'ennoyage est supprimée par le cran de retour, qui n'a laissé subsister que des portions inégalement incomplètes du flanc nord de la cuvette.

le silurien (Bure du Saint-Homme) ; puis, un peu avant la frontière, le dévonien est de nouveau dénudé et le calcaire carbonifère s'étend jusqu'à Onnaing, où il plonge brusquement sous le dévonien (*fig.* 20). Par conséquent, en faisant abstraction de l'affaissement local à la Bure du Saint-Homme, affaissement qui produit par contre-partie, plus à l'ouest, un léger relèvement momentané, on voit que la pente d'ensemble est encore vers l'ouest. Toute hypothèse qui suppose le bassin de Valenciennes plus profondément dénudé que la partie voisine du bassin belge, est en contradiction avec les faits.

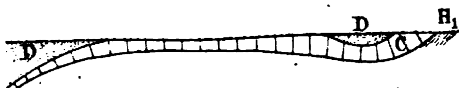


Fig. 20. — Coupe longitudinale du bord sud du bassin houiller, entre le Boussu et Onnaing. — H_1, Houiller inférieur. — C, calcaire carbonifère. — D, dévonien.

Il ne reste donc bien, pour expliquer la position du calcaire carbonifère d'Azincourt et de la fosse Dechy, que l'hypothèse d'un lambeau charrié. Partout ailleurs, aussi bien à Mons qu'à Auchy-au-Bois, quand le calcaire carbonifère reparaît le long de la bordure, il est discordant avec le terrain houiller, et il faudrait sans doute aller chercher bien loin en profondeur pour voir se rétablir le parallélisme des couches et une succession continue. Cette hypothèse d'un lambeau charrié est encore la seule qui permette de comprendre la rapide variation apparente dans la richesse en houille des zones inférieures ; enfin, de même que c'est la seule qui permette de ramener à un même type les coupes du Nord et celles de Mons et Charleroi, c'est la seule aussi qui permette de les raccorder avec les coupes du Pas-de-Calais. Je ne crains pas d'ajouter que la comparaison avec les coupes du bassin de Fuveau, en s'ajoutant à tous les autres arguments con-

cordants, vient introduire un nouvel élément de certitude.

Lambeau d'Abscon et de Douai. — Cran de retour. — La signification du pli d'Abscon ressort de ce qui précède : c'est un pli synclinal couché provenant du rebroussement des couches au-dessous et en avant du lambeau inférieur de charriage. C'est ce que montre bien la coupe donnée par M. Chapuis (*) ; elle montre, en outre, que ce lambeau est tronqué par deux failles ; l'une est la surface même de charriage, l'autre est le cran de retour. Entre les deux, les couches d'abord renversées se remettent en plat en profondeur, dessinant l'amorce d'une cuvette. A l'est, les affleurements des deux failles se rapprochent et semblent devoir se confondre un peu au-delà d'Anzin, quoique le fait n'ait pas été constaté matériellement. A l'ouest, le trajet de la faille d'Abscon, tel que je l'ai déjà défini plus haut d'après M. Chapuis, entre les faisceaux gras et demi-gras d'Aniche, c'est-à-dire entre les fosses Sainte-Hyacinthe et Sainte-Barbe, est aussi le seul possible pour le cran de retour, par suite de la continuité reconnue des couches d'Anzin et d'Aniche. Par conséquent, le lambeau d'Abscon irait se coincer à ces deux extrémités, à l'est comme à l'ouest, et, d'après M. Olry, il se coincerait aussi en profondeur.

Mais, comme je l'ai dit plus haut, après l'étroit passage où les deux failles convergent, elles se séparent de nouveau au nord-ouest. La faille d'Abscon va passer à l'ouest des fosses Dechy et Notre-Dame, pour se confondre plus ou moins exactement avec la limite des affleurements houillers, et séparer plus au nord le faisceau des houilles à gaz et la prolongation du faisceau de Douai. Le cran de retour, au contraire, après une courte région inexplorée, reparait avec tous ses caractères, à

(*) *Loc. cit., fig.* 4, pl. IV.

l'est du faisceau de Douai, et se poursuit sous le nom de faille Reumaux dans tout le bassin du Pas-de-Calais. Par conséquent, la grande cuvette de Douai et de l'Escarpelle est comprise entre les mêmes accidents, a la même structure et occupe la même position que la cuvette tronquée d'Abscon. L'âge des couches qui composent les deux cuvettes semble bien être identique, et même il ne me paraît pas impossible de proposer, sous toutes réserves, un raccordement veine par veine des couches d'Abscon avec les couches comprises entre Bernard et de Chatenay, d'Aniche, ou, ce qui revient au même, avec les couches comprises entre n° 11 et n° 3 de l'Escarpelle. Le tableau de parallélisme serait le suivant :

Faisceau d'Abscon		Aniche (fosse Gayant)		L'Escarpelle fosses nos 4 et 5	
couches	intervalles	couches	intervalles	couches	intervalles
Grand-Ferdinand........		Déjardin • de Chatenay	11m,50...	n° 3	
	8m,00		11 ,10		25m,00
Passée...........		Lallier	....	n° 4	
	20 ,00		20 ,00		13 ,00
Ernestine........		le François de Layens	....6 ,50	pt n° 4 n° 5 *bis*	
	39 ,00		47 ,00		62 ,00
d'Heursel........		Wavrechain	....	n° 5	
	25 ,00		27 ,00		20 ,00
Sorel-Hocquart...		Bernicourt	....	n° 6	
	40 ,00		51 ,00		58, 00
Scipion..........		Delloye Minangoye	.... 8 ,00	n° 9 n° 10	10, 00
	23 ,00		42 ,00		50 ,00
Casimir..........		Bernard	....	n° 11	

Les variations d'épaisseur et aussi celles de matières volatiles, entre la première et la seconde liste, seraient

moins grandes qu'entre la seconde et la troisième, pour lesquelles l'assimilation est admise (*), et l'augmentation progressive des intervalles est conforme à ce qui a été observé dans les travaux d'Abscon.

Quoi qu'il en soit de cet essai de rapprochement détaillé, auquel je n'attache pas une grande importance, l'homologie du faisceau de Douai et du faisceau d'Abscon me paraissent hors de doute. Le faisceau de Douai va d'ailleurs se coincer à l'ouest, par suite du nouveau rapprochement de la faille d'Abscon et du cran de retour. L'équivalent du pli de Bouc, morcelé en deux lambeaux, peut-être complètement distincts, peut-être seulement séparés par un étranglement, s'étendrait donc de Dourges à Valenciennes.

Quoique je ne veuille pas m'appesantir ici sur le cran de retour, auquel provisoirement je ne vois pas d'équivalent dans le midi, il m'est impossible de ne pas indiquer la conclusion qui semble ressortir des développements précédents. M. Chapuis (p. 210) a dit avec raison qu'il serait bien étonnant, si la faille d'Abscon et le cran de retour sont de nature ainsi que d'origine tout à fait dissemblables, qu'elles se suivent aussi fidèlement à si faible distance. L'argument emprunte une nouvelle force à la prolongation des tracés, telle que je l'ai indiquée ; on voit en effet que les deux failles sont également affectées par le décrochement de Douai. Or, quelque signification qu'on prête à cet accident, il semble évident qu'il est postérieur aux grands charriages, et qu'il n'aurait pas laissé subsister le parallélisme apparent de deux failles, dont l'une aurait été verticale, et l'autre sensiblement horizontale (**). Je

(*) Olry, p. 389 et 390.

(**) Ceci demanderait quelques explications plus détaillées, dans lesquelles je ne pourrais entrer ici sans sortir de mon sujet. Je traiterai la question plus complètement dans une note que je compte prochainement donner sur la structure du bassin du Pas-de-Calais.

crois donc que le cran de retour est, comme la faille d'Abscon, un accident qui doit tendre à se remettre horizontal en profondeur; le fait d'ailleurs que les travaux ont montré le rapprochement graduel des deux failles en profondeur est bien conforme à cette idée. Il en résulterait que le cran de retour ne serait pas une faille d'affaissement, au sens précis du mot, mais *une faille de tassement*. Ce serait le poids même des masses superposées à des terrains flexibles, comme le sont les schistes houillers, qui en aurait déterminé l'enfoncement local. Je reviendrais ainsi à l'interprétation du cran de retour que j'avais proposée il y a quinze ans, dans un premier essai d'assimilation des phénomènes de charriage des Alpes avec ceux du bassin houiller franco-belge (*).

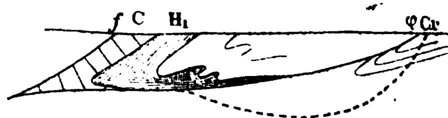


Fig. 21. — Hypothèse relative au cran de retour. — φ, faille d'Abscon (position primitive). — *Cr* (ligne pointillée). Cran de retour. — *f*, faille limite. — H, houiller inférieur. — C, calcaire carbonifère.

La figure ci-jointe (*fig.* 21) montre comment je comprendrais ce phénomène de tassement, et la forme d'ensemble qu'il suppose pour la surface du cran de retour. On voit que, si l'on adopte cette explication, il peut y avoir plusieurs crans de retour au-dessous d'une même nappe de charriage, et que leur position n'a aucune relation nécessaire *a priori* avec les différents phénomènes secondaires liés au charriage. C'est ainsi que la faille de Ferques, dans le Boulonnais, pourrait être un cran de

(*) Rapports de structure des Alpes de Glaris et du bassin houiller du Nord, *Bull. Société géologique*, 3e série, t. XII, p. 318 (1884).

retour, et il en serait peut-être de même, dans le Midi, de la faille du Pilon-du-Roi (*).

Lambeau de poussée et faille limite. — Les noms de lambeau de poussée et de faille limite sont, comme on sait, dus à M. Gosselet, qui, le premier, a montré la véritable signification de ces phénomènes. Le lambeau de poussée est maintenant connu et admis comme un élément en quelque sorte normal de la coupe théorique du bassin houiller franco-belge. M. Gosselet, d'ailleurs, en suivant son extension le long du bord du bassin houiller, a bien montré (**) que le lambeau de poussée n'existe pas partout, et que par sa nature même, et comme son nom l'indique, il est intermittent. Dans le département du Nord en particulier, il n'existe qu'à l'est, entre Onnaing et la frontière; dans le Pas-de-Calais (***) on peut peut-être lui attribuer une partie des terrains houillers renversés, au sud de la faille des Plateures, mais il ne reparait avec certitude qu'à l'ouest, entre Divion et Auchy-au-Bois. En Belgique, il est surtout bien connu du côté de Charleroi, où les derniers travaux de M. Briart (****) ont jeté un jour nouveau sur sa constitution.

Le lambeau de poussée est formé de couches renversées, qui, en général, reposent *en discordance* sur les terrains houillers. C'est l'absence de cette discordance qui constitue, pour la région d'Anzin et de Douai, la diffé-

---

(*) Ou, pour mieux dire, ce serait l'existence d'un cran de retour qui déterminerait l'affleurement de la grande faille de charriage le long de la ligne précédemment décrite.

(**) *L'Ardenne*, p. 735 et suiv.

(***) Le calcaire, signalé à la fosse n° 1 de Courcelles et dans les sondages voisins, avait, il est vrai, été attribué au calcaire carbonifère et semblerait alors indiquer là l'existence du lambeau de poussée. Mais les résultats (non encore publiés) de la galerie de Liévin et de l'étude qu'en a faite M. Barrois, ne me semblent pas permettre de maintenir cette attribution.

(****) A. Briart, *Géologie des environs de Fontaine-l'Évêque et de Landelies*. Liège, 1894.

rence essentielle sur laquelle M. Olry a appelé l'attention. Ainsi que je l'ai suffisamment expliqué dans mon précédent mémoire et dans celui-ci, M. Olry concluait de cette différence que la grande faille du Midi n'existe plus au sud de Valenciennes, et que le bassin houiller y reprend la forme plus simple d'une cuvette complète renversée sur ses bords ; j'en conclus, au contraire, qu'une nouvelle complication s'introduit dans la structure, et que, la faille du Midi continuant plus au sud pour reparaître dans le Pas-de-Calais, au lambeau de poussée et en avant de lui s'ajoute une *lame de charriage.*

Le lambeau de poussée et la lame de charriage ont tous les deux pu amener du calcaire carbonifère en dessus du terrain houiller en place ; mais l'un fait partie d'une nappe renversée, et l'autre d'une nappe non renversée. En fait, cette première différence fondamentale disparaît localement, parce que les deux nappes ont pu être plissées postérieurement et qu'en particulier le lambeau de charriage montre ses couches retroussées jusqu'au renversement sur le bord méridional ; mais il reste une seconde différence : dans le lambeau de poussée, le calcaire carbonifère est amené par faille, et par conséquent en discordance apparente, sur le terrain houiller ; dans le lambeau de charriage, le calcaire carbonifère et le terrain houiller qui l'accompagne font partie d'un même paquet et sont restés en concordance.

La lame de charriage correspond dans le midi au lambeau de Gardanne ; le lambeau de poussée correspond avec évidence à la bande de Simiane.

Ici pourtant il y a, semble-t-il, entre les deux régions, une différence qui, sans être fondamentale, mérite qu'on s'y arrête un instant. La nappe renversée est plissée en Provence, elle ne paraît pas l'être dans le nord. S'il en était ainsi, les compressions latérales auraient continué à agir dans le Midi après le grand phénomène de charriage ;

leurs actions, au contraire, n'auraient pas laissé de trace appréciable dans le nord.

Je crois qu'en y regardant de plus près on peut déjà signaler dans le nord des traces de plissement postérieur, et en indiquer d'autres comme bien probables. A la rigueur déjà, la coupe du Boussu montre une cuvette formée par les terrains renversés, qu'on pourrait rapprocher des phénomènes de plissement. La coupe de la tranchée du Haut Banc, dans le Boulonnais, indique certainement un plissement, très aigu et très complexe, des nappes charriées, quoique (le calcaire carbonifère n'étant pas renversé au-dessus du houiller) il s'agisse plutôt là d'une lame de charriage que du lambeau de poussée (*). Mais ce sont surtout les coupes de M. Briart, dans les environs de Landelies, qui sont démonstratives à cet égard. J'ai reproduit deux d'entre elles dans mon précédent mémoire (*fig.* 1 et 2, pl. X), et l'on peut y voir combien l'allure des couches y est tourmentée. Il n'y a pas de vrais plissements figurés ; mais il suffit de se reporter à la première coupe que M. Briart avait donnée de cette même région (**), pour voir que c'est là une affaire d'interprétation. Je crois ainsi bien probable que la pointe de houiller rencontrée par le sondage de Monceau-Fontaine (*fig.* 1 de la planche citée), entre deux calcaires carbonifères, est la tête d'un anticlinal couché (anticlinal de houiller perçant dans le calcaire carbonifère). Mais, sans faire d'hypothèse, on peut s'en rapporter à la coupe précise relevée le long de la Sambre et de la tranchée du chemin de fer du Nord. C'est la *fig.* 3 de la planche XXI,

---

(*) La véritable analogie pour cette partie du Boulonnais serait, je crois, à chercher avec le lambeau de Denain, qui montre un plissement tout à fait semblable. La houille du Boulonnais, comme position, serait à rapprocher non pas de la houille de Denain, mais de celle que j'ai supposé exister sous le lambeau de charriage.

(**) *L'Ardenne*, p. 746.

dans le mémoire de M. Briart. Je la reproduis à moindre échelle (*fig.* 22). Le calcaire carbonifère fait là partie du paquet isolé par la faille de Lernes et tout entier superposé au houiller ; c'est un morceau du lambeau de poussée, et les plissements aigus auxquels il a été soumis sont manifestes (*).

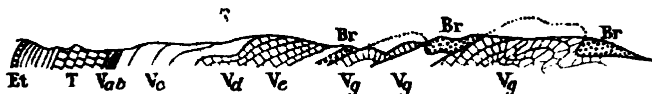


Fig. 22. — Coupe du calcaire carbonifère de Landelies (tranchée du chemin de fer du Nord), d'après M. Briart. — E*t*, calcaire d'Etrœungt. — T, tournaisien. — V_{ab}, V_c, V_d, V_e, zones successives du viséen. — V_g. calc. à *Productus giganteus* (viséen supérieur). — B*r*, brèche.

Les coupes de M. Briart mettent encore un autre fait important en évidence : le lambeau de poussée se décompose en trois tranches superposées, dont la plus supérieure comprend naturellement les terrains les plus anciens. Ces tranches sont séparées par des surfaces de glissement, des *thrust planes*, absolument comme nous l'avons constaté pour la bande de Simiane. Ces failles, dans le midi, sont plissées avec les couches; elles ne sont pas figurées comme telles dans les coupes de Landelies; mais cela tient seulement à ce qu'on n'a pas là d'éléments suffisants pour préciser leur tracé en profondeur. Le point important, et d'ailleurs très naturel, c'est qu'elles se retrouvent dans les deux régions et qu'elles divisent de la même manière le lambeau de poussée en tranches superposées. C'est une analogie de plus, qui vient s'ajouter à l'analogie de position et à l'analogie de structure.

(*) D'après les coupes d'ensemble, M. Briart semble considérer le paquet comme un lambeau détaché du bord d'un anticlinal. D'après ce qui précède, il me paraît évident que c'est un synclinal de la nappe renversée. On remarquera aussi l'existence de la brèche qui, bien que son origine soit contestée, semblerait correspondre au passage d'un *thrust plane*, et montrerait, par conséquent, ce *thrust plane* plissé avec les couches.

Ces analogies sont peut-être encore plus frappantes, un peu plus à l'est, dans la région de Fosse et d'Ormont, décrite plus récemment dans un mémoire remarquable de M. l'abbé de Dorlodot (*). On peut voir avec évidence, dans la description et dans les coupes de ce mémoire, l'existence de deux lambeaux superposés au houiller, qui est exploité au-dessous d'eux. L'un de ces lambeaux est en position normale ; l'autre, qui lui est superposé, est formé de couches renversées. Je ne pourrais pousser plus loin l'assimilation sans discuter dans le détail quelques-unes des conclusions de M. l'abbé de Dorlodot, et sans sortir ainsi du cadre de ce travail. Je ne crois pas que la délimitation de ces deux lambeaux soit faite d'une manière définitive, ni qu'on ait attaché une importance suffisante aux failles (faille de Sébastopol et faille du fond du Guay) qui séparent, selon moi, le lambeau renversé du lambeau non renversé. Ces failles semblent locales et discontinues, parce que, quand elles mettent en contact des terrains à peu près du même âge, elles passent facilement inaperçues ; c'est ce qui était arrivé dans le midi pour la faille du Pilon-du-Roi, qui, sur une partie de son parcours, met en contact les dolomies jurassiques de deux bandes différentes, les unes renversées, les autres en position normale. Je crois, en d'autres termes, qu'il convient de démembrer les massifs de Bouffioulx et de Loverval, tels que les comprend M. l'abbé de Dorlodot ; mais, en tout cas, la coupe de la planche V montre bien le fait d'un paquet renversé superposé à un paquet non renversé, tous deux charriés au-dessus du terrain houiller, et la *fig.* 2 du même mémoire (p. 46 du tirage à part), figure que je reproduis ici (*fig.* 23), montre, d'autre part, le plissement d'une nappe renversée ; c'est pour les plis figurés dans cette

(*) *Recherches sur le prolongement occidental du silurien de Sambre-et-Meuse et sur la terminaison orientale de la faille du midi*, par le chanoine H. DE DORLODOT (*Annales de la Soc. géol. de Belgique*, t. XX).

coupe que M. l'abbé de Dorlodot a proposé le nom de *plissements retournés*. Si mon interprétation est exacte, cette coupe est identique à celle qui montre dans le midi le lambeau de Gardanne et la bande renversée de Simiane s'enfonçant sous la grande faille de charriage (*). Ici nous trouvons que le lambeau non renversé a été rebroussé près de cette faille, tandis que dans le midi nous avions constaté ce rebroussement pour le lambeau de poussée et pour les terrains en place ; il faut en conclure seulement que le rebroussement est la règle, partout où il y a eu obstacle au glissement et augmentation du frottement.

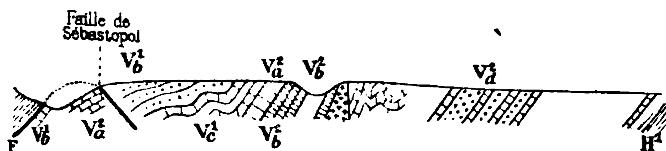


Fig. 23. — Coupe du calcaire carbonifère de Bouffioulx, d'après M. l'abbé de Dorlodot.— V^1_b, V^1_c, viséen inférieur.— V^2_a, V^2_b, V^2_c, V^2_d, zones du viséen supérieur (V^2_a, zone à *Productus Cora* ; V^2_d, zone à *Prod. giganteus*). — H, H_1, houiller inférieur. — F, faille du midi.

Je ne pourrais pas, avec les données qui me sont actuellement connues, poursuivre le détail de ces phénomènes au-delà du bassin de Charleroi; mais cependant les coupes de Liège et surtout celles du houiller de Theux (**) me donnent dès maintenant la conviction qu'ils se continuent très loin vers l'est. En tout cas, comme je crois

(*) M. l'abbé de Dorlodot, pour pouvoir, contrairement à son opinion première, rattacher cette nappe *à plissements retournés* au massif de Bouffioulx, c'est-à-dire au lambeau non renversé, admet un pli couché local, dont la tête, séparée du tronc, aurait versé dans les terrains sous-jacents. L'hypothèse en elle-même me paraît peu vraisemblable, et le devient beaucoup moins encore, quand on songe qu'il s'agit là d'un phénomène à peu près général le long de la bordure, et par conséquent indépendant des causes locales.

(**) V. Dewalque, *Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique à Spa en* 1886, p. 50 (24).

l'avoir expliqué, ces phénomènes relatifs au lambeau de charriage et au lambeau de poussée sont des phénomènes secondaires, dont la continuité n'est pas nécessaire. Ils suffit qu'ils existent aux points où je les ai décrits pour bien montrer l'analogie profonde avec la région du midi.

Massif de l'Ardenne. — Faille du Midi. — Le dévonien inférieur qu'ont rencontré de nombreux puits et sondages au sud des affleurements houillers, et qui reparaît plusieurs fois au jour dans le Pas-de-Calais, est, comme on le sait, par la continuité des directions et par la similitude des roches, la prolongation du bord septentrional du bassin de Dinant, la prolongation par conséquent du massif de l'Ardenne. Ce massif a dans son ensemble subi un transport vers le nord et a été charrié sur la cuvette houillère ; c'est là le fait principal, la notion fondamentale à laquelle se rattachent toutes les complications apparentes des différentes coupes. Le même fait s'est reproduit dans les chaînes de montagnes plus récentes, et c'est là le point de départ de toutes les analogies signalées dans ce mémoire.

La surface le long de laquelle a eu lieu le charriage est ce qu'on appelle la faille du Midi. Son inclinaison est variable, comme le montre la coupe plusieurs fois citée du bassin de Mons ; en certains points, ainsi près d'Onnaing, son inclinaison devient très forte ; il en est de même à l'ouest de Douai, le long de la ligne d'inflexion du bord apparent du bassin houiller, et il y a des raisons sérieuses de supposer qu'il en est encore ainsi dans tout l'intervalle qui sépare ces deux points. Par contre, dans le Pas-de-Calais, l'inclinaison redevient très faible ; on l'estimait, en moyenne, à 25° ; la galerie poussée au sud de Liévin jusqu'à la rencontre de la faille (*) a constaté que, sur une distance horizontale de 2 kilomètres, la pente

(*) SOUBEIRAN, *Bassin houiller du Pas-de-Calais*, t. II, p. 401 (*addenda*).

moyenne n'était que de 11°, et les 100 mètres suivants ont encore montré un raplatissement plus accentué. On peut admettre qu'au-dessus du bassin houiller, et même assez loin vers le sud (Voir les coupes de M. de Dorlodot), la surface de glissement était primitivement une surface à peu près plane et peu inclinée, et qu'elle a été accidentée par des mouvements postérieurs.

L'amplitude du déplacement horizontal a été considérable, et nous ne pouvons évaluer que des minima. D'abord il est peu probable que nous ayons le bord même de la nappe de recouvrement ; il est plus probable qu'elle se continuait plus loin au nord et qu'une partie en a été enlevée par la dénudation. Mais, en se bornant à ce qu'on voit, la coupe de Mons donne un minimum de 7 kilomètres ; près de Charleroi M. de Dorlodot trouve un minimum de 13 kilomètres, et dans le Pas-de-Calais une évaluation provisoire me mène déjà à 8 kilomètres. Je suis persuadé que ces nombres, de même que ceux que j'ai donnés pour le midi, ne donnent pas une mesure définitive du déplacement total ; mais ils suffisent pour donner une première idée et pour légitimer les rapprochements.

Je veux faire remarquer d'abord qu'un phénomène semblable ne peut pas être discontinu ; sans doute il doit cesser quelque part, mais seulement par atténuation graduée et progressive. Il est impossible qu'il disparaisse pendant quelques kilomètres pour reprendre ensuite avec la même amplitude, ou que le glissement cesse suivant la surface primitive pour se produire suivant une autre surface plus ou moins parallèle. On peut parler de plis *qui se relaient*, quand un pli prend naissance en face d'un autre pli qui disparaît ; mais ici l'ampleur constante du phénomène rend une pareille idée inadmissible.

Il faut conclure de là qu'*à priori*, et indépendamment de la démonstration directe que j'ai essayé de donner, la faille du Midi ne peut pas ne pas exister entre Valenciennes et

Douai; le charriage de 7 kilomètres au moins, qui s'est produit à l'est et à l'ouest, ne peut pas ne s'être pas fait sentir dans la partie intermédiaire. A la rigueur, on pourrait prétendre que, le même charriage s'étant produit, il a, dans cette partie intermédiaire, entraîné plus loin avec lui les terrains sous-jacents, et que cela suffit à expliquer la différence des coupes. Mais alors le bassin de Valenciennes se trouverait reporté au nord des parties homologues de Mons et du Pas-de-Calais; à Douai les différentes couches de houille, au lieu de s'infléchir vers le nord, devraient être brusquement reportées vers le sud. Et, de l'autre côté, du côté de la frontière, il n'y a pas de trace, ni par inflexion ni par faille, d'un déplacement de cette nature. Sans aucun doute pour moi, le houiller, dans le Nord comme dans le Pas-de-Calais, se poursuit assez loin sous le dévonien; seulement dans le Nord, il y a plongement rapide de la grande faille, et il est à craindre que le terrain houiller ne soit ainsi reporté à des profondeurs considérables.

Le même raisonnement me paraît contredire l'idée, plusieurs fois énoncée et plus particulièrement développée par M. de Dorlodot, que la faille eifélienne de Liège serait distincte de la faille du Midi. La caractéristique de la faille du Midi est de mettre en contact deux massifs de structure et de composition différentes: au sud un massif ancien dont les couches non renversées plongent régulièrement au sud; au nord, un massif de nature tout autre, le lambeau de poussée ou la lame de charriage. M. Gosselet a depuis longtemps fait remarquer qu'une différence fondamentale vient compléter et faciliter la distinction: le dévonien inférieur n'existe que dans le massif du sud; il ne s'est certainement pas déposé au nord du bassin houiller, mais il ne s'est pas non plus déposé, d'après tous les indices, dans les régions d'où provient la lame de charriage. Le silurien de Fosse fait tout entier partie du

massif de l'Ardenne, c'est-à-dire du massif qui surmonte la faille de charriage, et, dans ce massif, il ne peut y avoir de dévonien supérieur ou moyen posé directement sur le silurien ; la limite du silurien et du dévonien moyen (poudingue de Nanine) coïncide nécessairement (*) avec l'affleurement de la faille du Midi ; si cette limite est sinueuse, cela indique seulement qu'une ondulation de la surface de faille la rapproche momentanément de l'horizontale ; c'est cette même ondulation qui expliquerait le décrochement apparent (à l'est de Fosse) de la bande de poudingues. Une fois ces remarques faites, la carte de M. de Dorlodot et la carte d'ensemble de M. Gosselet montrent clairement que la faille du Midi, comme la continuité l'exige, va se raccorder avec la faille eifélienne de Liège.

Avant de terminer ce qui est relatif à la faille du Midi, je veux encore indiquer un rapprochement possible entre la Provence et la région du nord. En Provence, comme je l'ai dit, la faille de charriage (faille du Pilon-du-Roi) affleure suivant une ligne qui correspond à une brusque ondulation de la surfacė de charriage, cette surface par faille ou par *flexure* s'abaissant rapidement vers le sud. C'est pour cela qu'en certains points, par exemple au tunnel de la Nerthe, la surface de faille s'est montrée presque verticale. La nappe de recouvrement, qui forme le massif de l'Étoile, remplit donc une cuvette synclinale, à bord septentrional très relevé. Or c'est une règle d'une application très générale que ces brusques flexures se traduisent dans le relief par une ligne saillante ; la saillie du massif de l'Étoile au-dessus des régions voisines se trouverait donc en rapport avec un rapide abaissement de la surface de faille. D'un autre

(*) En réalité, un peu de silurien aurait pu être entraîné avec le lambeau de charriage, il n'en serait pas moins vrai que l'affleurement de la faille devrait suivre à faible distance celui du poudingue.

côté, j'ai déjà remarqué (*) qu'au-dessus du paquet du Boussu et au Blanc-Misseron, la surface des terrains primaires dessine une saillie qui, contrairement à la règle ordinaire, ne concorde avec aucun anticlinal des terrains anciens; cette croupe, ai-je dit, semble marquer la place d'une longue traînée de roches anciennes superposées aux parties les plus profondes du synclinal houiller. En d'autres termes, cette croupe serait un reste de la saillie superficielle qui primitivement, comme aujourd'hui à l'Étoile, correspondait au fond ou au bord d'un synclinal. De même que, si l'on conçoit une nouvelle nappe de dépôts s'étendant sur la Provence nivelée, il est naturel de supposer que les actions de nivellement, abrasion ou dénudation, n'auront pas complètement ramené la chaîne de l'Étoile au niveau commun, et que sa place restera indiquée par une saillie du fond de la nouvelle mer.

La croupe du Blanc-Misseron se continue au sud du bassin houiller, et elle va rejoindre au sud du Pas-de-Calais la croupe beaucoup plus accentuée et même probablement faillée au nord, que forme la surface des terrains anciens sous les collines de l'Artois. On est donc amené à voir dans ces collines l'homologue exact de la chaîne de l'Étoile, à supposer, par conséquent, que c'est au pied nord de ces collines, peut-être à l'aplomb même de la faille des morts-terrains, que se produit une brusque plongée de la faille de charriage. On arriverait ainsi à cette conclusion intéressante : que la faible pente constatée par les nouveaux travaux de recherche (de 11 à 25°) se continuera à peu près jusqu'à la ligne Rebreuve-Givenchy, pour faire place, là, à un plongement rapide et à un brusque abaissement.

(*) *Études sur le bassin houiller du Nord*, p. 10.

Résumé et Conclusions.

J'espère avoir atteint le but de ce mémoire et avoir mis hors de doute la remarquable analogie de structure qui existe entre la bordure du bassin crétacé de Fuveau et celle du bassin houiller franco-belge. J'espère aussi avoir montré que cette analogie, poursuivie jusque dans les détails, et si étonnante au premier abord, n'est que la conséquence naturelle du grand phénomène de charriage, qui, aux époques les plus anciennes comme aux plus récentes, a accompagné et probablement précédé la formation des grandes chaînes européennes.

Je crois utile, en terminant, de résumer sommairement les faits principaux d'observation et les conséquences qui en découlent.

Sur le bord du bassin de Fuveau, composé de couches régulièrement ordonnées autour du petit massif de Regaignas, au sud de Gardanne, on trouve un lambeau de terrains à lignite, isolé du bassin en place par une faille très oblique, inclinée au sud. Ce lambeau, d'ailleurs très régulier, et activement exploité, vient évidemment du sud, et même d'une place au sud que la forme des affleurements semble permettre de déterminer approximativement, sous le massif jurassique de l'Étoile.

Ce premier lambeau, comme l'ont montré les travaux, s'enfonce sous une nappe de terrains renversés, large de près de 2 kilomètres. Cette nappe a subi des plissements énergiques, dans lesquels les terrains les plus récents se montrent au centre des anticlinaux et les terrains les plus anciens au centre des synclinaux. Elle se subdivise en plusieurs autres, séparées par des surfaces de glissement secondaires (ou *thrust planes*), qui ont été plissées avec les couches. Elle est, sur toute sa largeur, superpo-

sée aux couches à lignite, et est l'analogue du lambeau de poussée dans le nord.

La série renversée est interrompue par une nouvelle faille, au sud de laquelle commence la série jurassique régulière du massif de l'Étoile. Cette faille, en certains points assez inclinée, jusqu'à approcher parfois de la verticale, reprend vite, en profondeur, une allure à peu près horizontale. On peut même supposer que la chaîne de l'Étoile est tout entière superposée au crétacé ; mais les faits décrits dans ce mémoire montrent seulement que le crétacé s'enfonce profondément au sud sous le massif jurassique.

Ces conclusions peuvent se mettre sous la forme suivante : le massif de l'Étoile est un massif charrié qui, dans son mouvement vers le nord, a entraîné à sa base des lambeaux de terrains renversés. Il a de plus entraîné, aux points où, pour une raison ou pour une autre, la pression et l'adhérence se sont trouvées augmentées, un morceau du substratum, constituant, au-dessous des lambeaux de poussée, ce qu'on peut appeler une lame de charriage, un lambeau non renversé au-dessous des lambeaux renversés. De plus, partout où le frottement est devenu trop fort, le mouvement de charriage a *retroussé* les couches sous-jacentes, aussi bien celles du substratum, que celles des lambeaux de charriage ou de poussée. En particulier, l'entraînement du lambeau de Gardanne a déterminé, en avant de ce lambeau, un bourrelet du substratum qui correspond au bord relevé d'une cuvette synclinale couchée. C'est le pli de Bouc et Cabriès. Dans le bord relevé on constate des glissements des couches les unes sur les autres ; mais il n'y a pas eu arrachement du substratum ; ce sont des couches en place, que le mouvement de charriage a relevées, mais qu'il n'a pas entraînées avec lui.

Si nous passons maintenant au bassin houiller franco-

belge, nous trouvons la même série d'accidents, semblablement disposés et explicables de la même manière, presque dans les mêmes termes : le massif de l'Ardenne est un massif charrié qui, dans son mouvement vers le nord, a entraîné à sa base des lambeaux de terrains renversés (lambeaux de poussée). Il a, de plus, entraîné un morceau du substratum (faisceau de Denain, faisceau à gaz de Dourges et Bully-Grenay), constituant, au-dessous des lambeaux de poussée, ce qu'on peut appeler une lame de charriage, un lambeau non renversé au-dessous des lambeaux renversés. De plus, partout où le frottement est devenu trop fort, le mouvement de charriage a *retroussé* les couches sous-jacentes ; en particulier, l'entraînement du lambeau de Denain a déterminé, en avant de ce lambeau, un bourrelet du substratum, qui correspond au bord relevé d'une cuvette synclinale couchée. C'est le pli d'Abscon et de Douai, pour lequel il n'y a pas eu arrachement du substratum ; ce sont des couches en place, que le mouvement de charriage a relevées, mais qu'il n'a pas entraînées avec lui.

Le rapprochement des faisceaux d'Abscon et de Douai peut même se justifier par une comparaison de détail des couches exploitées ; leur analogie avec la série en place, située plus au nord, est un point reconnu, tandis qu'il n'y a aucun rapport, ni comme composition des faisceaux ni comme flore, avec les couches de Denain qui les bordent au sud.

Ainsi, dans le bassin du Nord, la faille d'Abscon correspond à la faille de la Diote, du bassin de Fuveau ; la faille limite, à la faille du Safre, et la faille du Midi à celle du Pilon-du-Roi. Les lambeaux isolés par ces failles, et présentant respectivement une allure exactement semblable, sont, d'une part : le lambeau d'Abscon, la bande de Denain, le lambeau de poussée et le massif de l'Ardenne, et, d'autre part : le pli de Bouc, le lambeau

de Gardanne, la bande de Mimet et le massif de l'Étoile. Le parallélisme est complet. Seul le cran de retour n'a pas, dans le midi, d'équivalent semblablement placé ; j'ai essayé de montrer que c'était seulement une faille de tassement, dont l'origine dépend bien des mêmes phénomènes, mais en dépend en quelque sorte indirectement, dont le voisinage avec la faille d'Abscon est purement fortuit, et dont la place est pour ainsi dire indéterminée, sans rapport nécessaire avec aucun des accidents précédents.

Un des traits essentiels de ce rapprochement est la superposition du lambeau de Denain au terrain houiller en place. Depuis que j'avais avancé cette hypothèse dans un précédent mémoire, elle avait été combattue par M. Chapuis. J'ai longuement répondu aux objections présentées par M. Chapuis, en reconnaissant toutefois qu'il convenait, comme M. Chapuis l'a montré, de substituer partout, dans mon ancienne interprétation, la faille d'Abscon au cran de retour. J'ai pu, dans cette discussion, ajouter de nouveaux arguments, préciser le caractère du faisceau de Douai et montrer, en particulier, que la comparaison avec les coupes du Pas-de-Calais semble trancher définitivement la question.

Enfin un examen sommaire des coupes publiées par M. l'abbé de Dorlodot pour la région de Fosse à l'est de Charleroi m'a permis, en modifiant légèrement son interprétation, de montrer que les mêmes phénomènes se poursuivaient jusque-là, qu'on y retrouvait le lambeau de poussée et la lame de charriage semblablement disposés, et que la grande faille du Midi devait se continuer jusqu'au-delà de Liège, sans diminution sensible dans l'ampleur des chevauchements.

La notion de lames de charriage, c'est-à-dire de lambeaux non renversés se trouvant à la base des lambeaux de poussée, n'est pas une notion nouvelle dans l'étude

des grands phénomènes de charriage, elle a déjà été utilisée par M. Lugeon dans son beau mémoire sur le Chablais, auquel j'ai emprunté l'expression. Je crois seulement que les exemples de la Provence et du Nord en précisent mieux le rôle et l'importance ; ils montrent, en tout cas, que le fait doit être assez général et se retrouver dans d'autres pays. C'est une complication, mais une complication ordonnée et rationnelle des grands phénomènes de charriage ; elle m'a servi à souligner l'accord complet entre deux interprétations faites à distance et d'une manière tout à fait indépendante et, en accentuant ainsi le parallélisme des coupes dans la chaîne houillère du Nord et dans la chaîne tertiaire du Midi, elle met plus vivement en lumière l'invariabilité du mécanisme auquel sont dues les chaînes de montagnes.

COMMISSION DU GRISOU.

NOTE SUR LE ROLE DE L'OXYDE DE CARBONE DANS LES CONSÉQUENCES DES EXPLOSIONS DE GRISOU

D'après le Dr JOHN HALDANE,
Professeur de physiologie à l'Université d'Oxford,

Par M. G. CHESNEAU, Ingénieur en chef des Mines,
Secrétaire de la Commission du grisou.

M. le Dr John Haldane, professeur de physiologie à l'Université d'Oxford, a présenté, dans un très intéressant rapport adressé au Ministre de l'Intérieur de la Grande-Bretagne, les observations qu'il a eu l'occasion de faire sur les victimes du coup de grisou de Tylerstown, survenu le 27 janvier 1896, et qui a causé la mort de 57 ouvriers, sur 90 qui se trouvaient dans la mine, ainsi que d'une trentaine de chevaux ; il y a joint un résumé succinct des constatations qu'il a faites dans les accidents de Brancepeth (20 ouvriers tués le 20 avril 1896) et de Micklefield (60 ouvriers tués le 30 avril 1896), ainsi que le résultat des recherches qu'il poursuit depuis longtemps sur l'action toxique des gaz délétères. Ce rapport, qui a été traduit et commenté dans les *Annales des Mines* de Belgique, par M. J. Daniel, ingénieur des Arts et Manufactures (*), constitue l'étude la plus importante faite

(*) « Rapport adressé à M. le Ministre de l'Intérieur sur les causes de « mort dans les explosions de mines et les incendies souterrains, concer-

jusqu'à ce jour sur le rôle signalé pour la première fois par M. le Dr Riembault, en 1876, dans la catastrophe du puits Jabin, et encore controversé, de l'oxyde de carbone dans les conséquences désastreuses des explosions de grisou : elle tire un intérêt tout particulier de ce fait que M. le Dr Haldane, spécialiste en la matière, a pu examiner lui-même, dès le lendemain de la catastrophe de Tylerstown, la plupart des victimes, et procéder séance tenante à l'analyse du sang de plusieurs d'entre elles, ainsi qu'à l'autopsie des cadavres de 15 chevaux. Pour les accidents de Brancepeth et de Micklefield, les observations n'ont pu être faites que deux ou trois jours après l'explosion.

C'est donc surtout sur les constatations faites à l'occasion de l'accident de Tylerstown que le Dr Haldane s'appuie pour en tirer les conclusions présentées dans son rapport.

D'après l'enquête officielle de M. l'Inspecteur Robson, l'explosion de Tylerstown a été produite par un coup de mine dont la flamme a allumé un amas de grisou se trouvant vers le haut de la taille, et la poussière répandue dans la mine a propagé au loin l'inflammation initiale (*).

L'examen des cadavres, présentant presque tous l'aspect rosé dû à l'oxyde de carbone, et les analyses de sang

---

« nant spécialement les explosions de Tylerstown, Brancepeth et Micklefield », par M. le Dr John Haldane, professeur de Physiologie à l'Université d'Oxford, — traduit et commenté par J. Daniel, ingénieur des Arts et Manufactures, docteur spécial en Exploitation des Mines, ancien Directeur de la Cie des Explosifs Sécurite (*Annales des Mines de Belgique*, t. II, 1897).

(*) Cet accident n'est pas sans analogie avec la catastrophe de la mine de La Machine, près Decize, survenue le 18 février 1890, où, d'après le rapport médico-légal de MM. les Drs Gros et Dejean, les cadavres des victimes (au nombre de 43) présentaient tous des signes manifestes d'empoisonnement par l'oxyde de carbone. L'accident de La Machine a été attribué exclusivement à l'inflammation de poussières de houille par le débourrage simultané de deux coups de mines (Voir *Annales des Mines*, 1891, 8e série, t. XIX, p. 396 : *Note sur l'accident de La Machine (Nièvre)*, par M. Laurent, ingénieur des Mines).

qui ont été faites par le Dr Haldane, lui ont montré que, sur les 57 ouvriers tués, 52 l'ont été exclusivement par l'oxyde de carbone, 2 par l'oxyde de carbone et les brûlures, et 3 seulement par la violence des chocs qu'ils ont reçus pendant l'explosion.

La méthode d'analyse du sang employée par le Dr Haldane en vue d'obtenir la teneur en oxyde de carbone est la suivante. Le Dr Haldane opère par comparaison avec une solution de sang humain normal dilué au 1/100 dans l'eau et saturé d'oxyde de carbone, par exemple au moyen du gaz d'éclairage qui en contient toujours au moins 5 p. 100. Il prépare ensuite une solution de carmin à environ 1 p. 100, et en additionne peu à peu avec une burette graduée une solution au 1/100 de sang humain normal jusqu'à ce que le mélange donne exactement la même teinte rose et la même force de coloration que la solution de sang normal au 1/100, saturée d'oxyde de carbone au moyen du gaz d'éclairage (il faut ajouter, pour atteindre ce résultat, environ 2vol,5 de la solution de carmin à 2 volumes de la solution au 1/100 de sang normal).

Le sang à examiner est alors étendu d'eau jusqu'à ce que sa force de coloration (mais non sa teinte) soit égale à celle de la solution de sang normal au 1/100. On verse 2 centimètres cubes de la solution du sang à examiner ainsi préparée dans un tube à réaction de petit diamètre, puis dans un autre tube de même diamètre, la solution de sang normal au 1/100 saturé d'oxyde de carbone. Au moyen de la burette graduée, on verse dans le premier tube de la solution de carmin jusqu'à ce que les teintes des deux tubes soient identiques ; il est évident que le degré de saturation (*) de l'hémoglobine du sang à examiner

(*) Pour la manière de calculer exactement le degré de saturation, le Dr Haldane se réfère à une note qu'il a publiée sur ce sujet dans le *Journal of Physiology*, vol. XVIII, p. 43 ; c'est sans doute sur la règle habituelle des mélanges qu'il base ce calcul, comme dans toutes les méthodes colorimétriques.

sera d'autant plus élevé qu'il faudra y ajouter de la solution de carmin en quantité moindre.

Il n'a pas été possible de déterminer directement la composition exacte de l'atmosphère dans laquelle les victimes ont été tuées par l'oxyde de carbone, mais le fait qu'on a retrouvé des lampes allumées à côté de plusieurs victimes donne à croire que la teneur n'était pas très élevée. L'un des ingénieurs ayant organisé le sauvetage, et qui ressentit très fortement les effets de l'oxyde de carbone, a rapporté que sa lampe ne cessa pas de brûler parfaitement, même au plus fort de l'atmosphère dangereuse : au moment même où il défaillait, il lui semblait entrer dans un air tout à fait pur. L'impression première, au contact des gaz délétères, avait consisté en une vive irritation aux yeux, et le premier symptôme bien marqué fut l'impossibilité de se mouvoir. En revenant à eux, les sauveteurs qui s'étaient évanouis ressentirent des maux de tête violents, des nausées et des vomissements accompagnés de frissons : le seul gaz qui puisse, d'après le Dr Haldane, causer des troubles semblables est bien l'oxyde de carbone, à la teneur de 1 à 2 p. 100.

L'analyse du sang des victimes donne de fortes raisons de croire que cette teneur ne dépassait pas 1,8 p. 100 (0,2 à 0,3 p. 100 suffisant pour amener la mort au bout d'une heure). Le degré de saturation en oxyde de carbone du sang des victimes a été trouvé, en effet, égal à 80 p. 100 pour l'une d'elles, degré qu'atteint le sang des animaux tués par de l'air contenant 1,8 p. 100 d'oxyde de carbone. Les expériences de M. Haldane lui ont d'ailleurs montré que dans l'air qui en contient davantage la saturation du sang est moindre, la mort se produisant beaucoup plus rapidement, ce qui confirme ce savant dans la pensée que la teneur de l'atmosphère de la mine de Tylerstown en oxyde de carbone après l'explosion n'excédait pas 1,8 p. 100. Les observations faites dans

plusieurs autres accidents, notamment les effets physiologiques constatés sur les sauveteurs l'amènent à croire que cette teneur n'est généralement pas dépassée dans les explosions de grisou.

En se basant sur ses propres expériences, M. le Dr Haldane admet qu'avec cette teneur la perte de connaissance survient au bout de huit à douze minutes, mais que la mort ne se produit qu'au bout d'un délai variant de quarante minutes à une heure : c'est ce délai qu'il s'agit de mettre à profit pour le sauvetage.

Comme moyens curatifs pour les asphyxiés, l'auteur indique la respiration artificielle dans un milieu aussi sain que possible, l'emploi de cordiaux, si le pouls est faible, les injections hypodermiques d'éther et l'application de la chaleur artificielle (cruchons d'eau chaude et couvertures) pour combattre le refroidissement dû à l'intoxication et que peut parfois accélérer d'une façon fatale l'air frais, même pur.

Le rapport du Dr Haldane indique nettement, pour chaque gaz que peut contenir l'air vicié d'une mine de houille, l'action physiologique exercée sur l'homme, ainsi que l'effet produit sur les lampes d'éclairage. Les exploitants de mines pourront consulter avec fruit le tableau joint à son rapport, résumant ses observations et que nous reproduisons ci-dessous d'après la traduction de M. Daniel.

OXYGÈNE			ACIDE CARBONIQUE			OXYDE DE CARBONE	
Teneur	Action sur l'homme	Action sur les lampes	Teneur	Action sur l'homme	Action sur les lampes	Teneur	Action sur l'homme
0 0			0 0			0 0	
17,3	Aucune	E	3,5	Respiration plus profonde............	B	0,05	Au bout d'une demi-heure, tout effort provoque le vertige......................
12	Respiration un peu plus profonde......	E	6	Oppression marquée..	B	0,10	Au bout d'une demi-heure, impossibilité de marcher....
9	Respirations plus profondes et plus fréquentes. Coloration bleuâtre de la face..	E	10	Douleurs violentes....	B	0,2	Au bout d'une demi-heure, évanouissement suivi parfois de mort.................
5	Perte de connaissance; puis la mort.......	E	15	Perte partielle de connaissance..........	E	1,0	Au bout de quelques minutes, évanouissement ; puis, la mort....................
0	Mort avec convulsions.	E	25	Mort...............	E		

BLACK-DAMP (*) (contenant 87 0/0 Az, et 13 0/0 CO^2)			GRISOU (**)			AFTER-DAMP (***) (contenant 3 p. 100 CO)		
Teneur	Action sur l'homme	Action sur les lampes	Teneur	Action sur l'homme	Action sur les lampes	Teneur	Action sur l'homme	Action sur les lampes
0,0			0,0			0,0		
16	Aucune	E	1	Aucune	L'auréole prend naissance	2	Après une demi-heure tout effort produit un léger vertige.......	B
28	Respiration un peu plus profonde......	E				3,5	Impossibilité de se mouvoir	B
50	Oppression prononcée.	E						
65	Danger de mort......	E						
			2	Aucune..............	Elle est bien formée	7	Évanouissement	B
						10	Mort...............	La combustion diminue
			5,5	Aucune	La flamme sort du verre et la lampe s'éteint			
						16	Mort...............	E
			45	Respiration un peu plus profonde......	E			
			70	Danger de mort......	E			

NOTA. — B signifie que la lampe continue à brûler. — E signifie qu'elle s'éteint.

(*) L'auteur désigne par le terme de *black-damp*, l'air dont tout l'oxygène a été transformé en acide carbonique par oxydation lente de la houille dans les vieux travaux (G. C.).

(**) L'action du grisou sur les lampes, indiquée par l'auteur, paraît s'appliquer à des lampes à essence, [illegible] de cuirasses (G. C.).

(***) L'auteur désigne, par le terme d'*after-damp* non dilué, de l'air dont l'oxygène a été intégralement transformé en CO^2 par une quantité strictement nécessaire de grisou pur (CH^4). La composition centésimale de l'after-damp ainsi défini est (après condensation de la vapeur d'eau) :

Azote (et argon)............	88,28 p. 100
Acide carbonique...........	11,72

Parmi les mesures qu'il préconise pour sauvegarder l'existence des ouvriers surpris par une explosion de grisou, M. le D[r] Haldane insiste sur les points bien connus du prompt rétablissement de l'aérage et du sang-froid nécessaire aux ouvriers qui doivent, avant tout, éviter de se précipiter sur le parcours des gaz de l'explosion. Il conseille la construction de chambres de refuge imperméables à l'air, avec doubles portes hermétiques et solides, qui pourraient assurer l'existence pendant dix heures à autant d'hommes qu'elles contiendraient de fois 2^{mc},83 de capacité.

On ne peut qu'approuver ces conseils fort judicieux, mais il nous paraît à propos de faire observer que, dans la mine de Tylerstown, spécialement étudiée par le D[r] Haldane, la teneur en grisou, d'après l'auteur, atteint, dans le puits de sortie d'air, la proportion de 1,87 p. 100, et la première mesure à conseiller en pareil cas serait d'abaisser cette teneur (exorbitante pour un puits de retour d'air) en augmentant le volume d'air frais parcourant les travaux, ou, si cela est impossible, en restreignant la production.

Comme mesure à prendre pendant le sauvetage des victimes, il convient de signaler, en dehors des appareils respiratoires, la précaution suivante indiquée par le D[r] Haldane. L'auteur a remarqué que les animaux de très petite taille à sang chaud sont beaucoup plus rapidement incommodés que l'homme par l'oxyde de carbone, à tel point que, dans une atmosphère à 0,4 p. 100, une souris s'évanouit après trois minutes, tandis qu'un homme ne commence à être incommodé qu'au bout d'une demi-heure. Il serait donc très utile, pour les sauveteurs pénétrant dans les travaux après une explosion de grisou, d'emporter avec eux dans une cage, ou simplement dans un tamis de lampe, une souris ou tout autre animal à sang chaud de petite taille : il serait prudent de considérer le

danger comme imminent au moment où la souris perd connaissance. M. Haldane conseille de conserver pour cet usage quelques souris en cage soit dans la chambre des machines du ventilateur, soit dans les écuries ou dans tout autre endroit convenable.

Ce moyen nous paraît d'autant plus intéressant à signaler que l'oxyde de carbone est déjà mortel, et même très rapidement à une teneur qui n'influe en rien sur l'aspect des lampes d'éclairage.

En résumé, les observations du Dr Haldane mettent hors de doute, dans la catastrophe de Tylerstown, l'influence de l'oxyde de carbone comme cause unique de la mort de 90 p. 100 des victimes ; ce gaz aurait également, d'après lui, produit à lui seul la mort de 19 victimes sur 20 dans l'explosion de Brancepeth, et de la totalité des victimes, au nombre de 46, de celle de Micklefield. Ce rôle, pour ainsi dire exclusif, de l'oxyde de carbone dans ces trois explosions, tient sans doute à ce que la combustion des poussières de houille, très abondantes et très inflammables dans ces mines (ainsi que l'indiquent les rapports et annexes du Dr Haldane), a produit une proportion exceptionnelle d'oxyde de carbone, comme dans l'accident de La Machine rappelé plus haut.

Mais bien que les études du Dr Haldane et les constatations faites dans des cas analogues ne permettent pas de conclure que l'action de ce gaz soit aussi prépondérante dans les conséquences de tous les coups de grisou, il paraît nécessaire, ou tout au moins très prudent, d'en tenir toujours compte dans les mesures à prendre tant pour l'organisation du sauvetage que pour la préservation des ouvriers surpris par l'explosion.

L'intérêt pratique que présentent à cet égard les études du genre de celles entreprises par M. le Dr Haldane fait espérer que l'exemple de ce savant sera suivi dans d'autres pays. En France, des expériences sur l'action

toxique de l'oxyde de carbone, dont le mécanisme a été révélé par Claude Bernard, sont poursuivies depuis nombre d'années, notamment au laboratoire du Muséum d'histoire naturelle de Paris, par M. Gréhant, Professeur de physiologie générale, qui a obtenu d'importants résultats pour les cas d'empoisonnement, dans les milieux confinés, par l'oxyde de carbone : il serait désirable que de semblables recherches fussent poursuivies dans nos houillères, dont le personnel médical, si justement estimé pour sa compétence et son dévouement, pourrait, en cas d'explosions de grisou, ajouter de nouvelles données aux observations déjà faites, et élucider d'une façon complète le rôle de l'oxyde de carbone dans ces terribles catastrophes.

Paris, le 15 décembre 1897.

LE MURCHISON RANGE

ET

SES CHAMPS AURIFÈRES

Par M. A. BORDEAUX, Ingénieur civil des Mines.

I. — Situation géographique.

Les champs aurifères du Murchison Range sont situés au N.-E. du Transvaal, dans le Zoutpansberg (Pl. IV). Plusieurs routes y conduisent. Celle que l'on suit généralement est celle des *coaches* de Prétoria à Pietersburg par Nylstrom et Marabastad. L'on met deux jours, avec un arrêt de quelques heures la nuit à Nylstrom. Le service se fait trois fois par semaine. De Pietersburg, un autre *coach* conduit en une journée à Leydsdorp, la ville principale du Murchison Range, le siège du commissariat des mines du district.

La seconde voie est celle de Lydenburg. Mais de cette ville à Leydsdorp le trajet ne peut se faire qu'à cheval, et l'Olifantsriver est parfois difficile à traverser à cause des crues.

Enfin la voie la plus directe depuis Delagoa Bay est celle qui a été choisie pour le tracé du Selati railway dont l'embranchement part de Komati port. Il y a environ quarante milles de voie ferrée déjà posée depuis plus de huit ans, mais les rails sont envahis par les hautes herbes. Ils arrivent à peu près jusqu'à la rivière Sabie.

Le Murchison Range est arrosé par deux rivières principales, le Selati et le Letaba, divisé en Grand Letaba,

Molototsi et petit Letaba, qui se jettent dans l'Olifants-river.

Il n'y a guère dans ce pays qu'un alignement de montagnes formant le Murchison Range proprement dit et séparant le bassin de Selati de celui du Letaba. C'est un contrefort détaché de la chaîne des montagnes de Drakensberg, qui rejoignent au nord les monts du Zóutpansberg, et vont au sud et au sud-est se prolonger dans le district de Lydenburg, mais le Murchison Range est à un niveau très inférieur à celui du Drakensberg.

Le Murchison Range fait partie du bas pays ou *low country*, qui est en général malsain et fiévreux, habité par le gros gibier et infesté par la mouche tsétsé, dont la piqûre est mortelle aux bestiaux. Les plaines y sont couvertes de *bush* et de hautes herbes, et il n'y a pas d'eau de surface pendant la saison sèche : ailleurs les marais au voisinage des rivières sont la source de fièvres qui ont fait de nombreuses victimes, notamment lors de la construction du railway du Selati.

La culture et un drainage méthodique sont indispensables pour rendre habitables ces régions.

II. — Géologie.

Le granite forme la principale formation et se trouve en général à la base de toutes les autres ; il est cependant associé quelquefois à une syénite qui paraît moins ancienne. Tantôt il surgit en collines arrondies appelées *kopjes* (têtes en langue Boer), tantôt il ne se révèle que par d'immenses étendues de sables à débris granitiques descendant à une forte profondeur et où pousse une maigre végétation. Le granite est souvent à hornblende et passe alors à la syénite. Certaine variété, dans la vallée du Selati, a pour éléments un quartz améthyste très limpide, un feldspath rouge et une hornblende verte égale-

ment répartis, et formant une roche magnifique. On trouve aussi des kaolins provenant de l'altération des feldspaths du granite. Le granite passe ensuite au gneiss; les gneiss cuivreux du Murchison Range sont analogues aux gneiss cuivreux du Namaqualand, que certains géologues regardent comme les plus riches du monde au point de vue de la teneur.

Au-dessus viennent diverses variétés de schistes d'âge laurentien probablement : schistes cristallins, phyllades, micaschistes, talcschistes, schistes à hornblende et chloritoschistes.

Ces roches sont traversées d'intrusions trappéennes, diorites, diabases, dolérites, etc., tantôt en grandes masses, tantôt en dykes minces crevant la roche de toutes parts, et c'est dans les fissures du granite et des schistes qu'on trouve la plupart des variétés minérales du Murchison Range.

Au-dessus des roches précédentes paraissent des grès et des schistes formant de grands îlots, et des quartzites et conglomérats très bouleversés et fissurés par des intrusions de roches vertes. Les quartzites et les conglomérats ne sont que très rarement minéralisés et en proportion insignifiante : nous avons rencontré ces derniers plus au nord, dans les monts du Zoutpansberg.

Les veines aurifères se manifestent dans des filons de quartz qui sont plutôt des intercalations lenticulaires parfois obliques, mais le plus souvent parallèles à la direction générale des assises, et presque partout les reefs sont croisés d'intrusions dioritiques et d'autres roches vertes.

Il y a deux champs aurifères principaux : le Selati ou *Murchison Range* et le *petit Letaba*. Les autres, beaucoup moins importants, sont ceux de Molototsi, de Houtboschberg et de Marabastad. Nous les parcourrons successivement, puis nous dirons quelques mots des autres formations métallifères de la région ; le cuivre, le mer-

cure, etc. Nous terminerons par une étude spéciale des principales exploitations aurifères et par la revue de la production en or du Murchison Range.

III. — Selati ou Murchison Range.

La ligne de collines qui forme le Murchison Range s'étend depuis quelques milles à l'ouest de Leydsdorp jusqu'au-delà des collines de Palabora et renferme trois zones aurifères à peu près parallèles. La plus au nord est caractérisée par la présence de l'antimoine et s'étend entre les mines Invicta, Free State, Gravelotte et à l'ouest encore de cette dernière, dans les Thabina Goldfields. La seconde ligne, à 2 milles au sud, est celle de Selati-Welnecia, elle n'est bien connue qu'à l'est de la première. La troisième ligne, à 3 à 4 milles de distance de la première, renferme les mines de Sutherland, la France, etc.

1° *Première ligne.* — **Reefs à antimoine.** — Ces reefs sont encaissés dans un ensemble de schistes métamorphisés et schistes à hornblende très redressés, presque verticaux, et de quartzites très altérés, formant des collines alignées, atteignant 300 mètres de hauteur. Cet alignement est régulier sur 35 milles de longueur environ, sans failles importantes.

L'or se trouve réparti suivant trois zones principales, affectant des allures lenticulaires; les puits l'ont parfois suivi jusqu'à 100 mètres de profondeur. La première zone est un quartz blanc de $0^{m},30$ à $1^{m},20$ avec stibine, pyrite et pyrite cuivreuse tenant de l'or. La seconde zone (Gravelotte) est une stibine aurifère. La troisième tient à la fois du quartz et de la stibine aurifère.

Le quartz varie de quelques millimètres à 5 mètres de puissance, il se sépare nettement des épontes qui cepen-

dant sont quelquefois imprégnées. L'or existe soit en feuilles minces dans des fentes du quartz, soit en grains grossiers, à l'état libre. Sur la stibine, il apparaît sous la même forme, à l'état visible ou invisible. En profondeur ces fentes s'évanouissent, l'or est plus régulièrement distribué, mais sa proportion diminue notablement.

A la mine Free State, la stibine a disparu en profondeur. De Gravelotte à Free State la zone a en moyenne une épaisseur de 1 mètre sur près de 5 milles sans interruption; la longueur totale de ce gisement d'antimoine arrive à plus de douze milles.

2° *Deuxième ligne*. — **Selati-Welnecia.** — On a trouvé quelques affleurements très riches sur cette ligne, mais il n'ont pas tenu en profondeur, à County Dawn, Witkopjes, etc. Certains reefs paraissent quitter la direction générale S.O.-N.E. pour devenir davantage O.-E.

3° *Troisième ligne*. — **La France, Sutherland.** — Les roches encaissantes ont une nature un peu différente : ce sont des schistes à trémolite, talqueux, et des quartzites métamorphiques. Certains puits ont suivi les reefs de quartz jusqu'à 120 mètres de profondeur, tenant encore de l'or, du moins en certains points. Le reef principal est reconnu sur 12 à 15 milles de longueur et doit rendre en moyenne 18 grammes sur 45 centimètres d'épaisseur, dans les bonnes parties.

Le granite n'existe pas avant une assez grande profondeur d'après les travaux de Blue Jacket, Président, French Bob, Shotover, etc.

A Sutherland (Thabina Goldfields), l'or est en fahlbands dans les feuillets des talcschistes, ou en petites lentilles et veinules de quartz; la zone imprégnée d'or atteint 1 mètre au Saturday reef.

IV. — Le Petit Letaba.

Le gisement aurifère du Petit Letaba est à 30 milles au nord de celui du Murchison Range, sur les bords mêmes de la rivière Letaba, au voisinage de petites collines boisées, à la limite des ondulations montagneuses qui terminent les vastes plaines du bas pays ou *low country*.

La roche qui affleure partout est le granite. Les collines portent le nom de Sutherland Hills, et la région aurifère est limitée à l'ouest par la mine Ellerton, à l'est par les mines Birthday et Letaba.

La formation aurifère consiste en schistes analogues à ceux du Murchison Range, enclavés en longs îlots dans le granite et dirigés O.S.O.-E.N.E. comme ces derniers. La longueur de la zone aurifère est d'une vingtaine de milles, mais ses deux extrémités est et ouest ont seules été bien reconnues.

Les reefs aurifères sont parallèles à cette formation. A Ellerton ils paraissent cependant la recouper à un angle très aigu.

A *Letaba*, on a reconnu un reef sur environ 45 mètres de profondeur et autant de longueur, il paraît se coincer de tous côtés en forme de lentilles. En profondeur il se ramifie en veinules dans la roche encaissante. On y trouve les sulfures de fer, plomb, cuivre avec l'argent et l'or.

A *Birthday*, 500 mètres environ au sud, le reef reconnu varie de 0 à 4 mètres sur 45 mètres de longueur, il s'évanouit aussi à 60 mètres de profondeur inclinée, c'est également une lentille traversée par des croiseurs de quartz et des dykes dioritiques de 1 à 2 mètres d'épaisseur. Cette roche paraît être une dolérite à plagioclase, augite et magnétite (Koch). L'or existe surtout aux salbandes ;

le quartz tient, en outre, les sulfures de fer, cuivre, plomb et argent ; la teneur baisse de plus de moitié en profondeur.

A *Ellerton*, on connaît deux reefs de $0^m,90$ à $1^m,50$ de puissance sur 200 mètres de longueur d'affleurements et 100 mètres de profondeur. Le quartz est en bandes parallèles et tient de l'or, ainsi que les salbandes : l'ensemble exploité avait une teneur moyenne de 23 grammes.

V. — Divers champs aurifères du Zoutpansberg.

1° **Molototsi.** — Dans cette région, sur la rivière Molototsi, à égale distance du Selati et du Letaba, c'est le granite seul qui affleure de toutes parts. On y a découvert quelques veines de quartz aurifère coincées à faible profondeur : les gisements d'or dans le granite n'ont jamais mérité ici la confiance des prospecteurs.

2° **Houtboschberg** et **Hoenertzburg.** — Ce sont deux régions distantes de 10 à 12 milles, situées à 32 milles à l'ouest de Leydsdorp, sur la route de Pietersburg. Le quartz forme des veines dans les granites, les grès quartzeux et dans quelques lambeaux de schistes analogues à ceux du Murchison Range (Iron Crown Mine, Cypherkuil, etc.). Des pointements de diabase affleurent à Hoenertzburg. Les conglomérats de Drakensberg affleurent immédiatement au sud et plongent au S. O. en suivant les contours de cette chaîne vers le district de Lydenburg.

3° **Marabastad** ou **Smitsdorp.** — Ce gisement aurifère est au voisinage de Pietersburg. La formation schisteuse orientée S.O.-N.E. est la même qu'au Selati. Les reefs aurifères ont été trouvés principalement dans deux fermes, Roodepoort et Eersteling.

Roodepoort est tout près de Marabastad. On a trouvé là un reef dirigé N.-S., plongeant à l'est, puissant de 1^m^,80 à 2^m^,70 ; à 12 mètres de profondeur, il se décompose en deux parties, chacune de 0^m^,90 à 1^m^,20. Il a donné 40 grammes au bocard.

Sur la même ferme, à Vigornia, un reef de quartz de 0^m^,15 à 1^m^,00 plonge à 75° au sud.

A Eersteling ont été reconnus deux reefs, distants de 1/2 mille, encaissés dans les talcschistes ; ils plongent à 60° au sud, avec 0^m^,90 de puissance : on les a reconnus sur près de 2 milles de longueur, mais ils sont pauvres à faible profondeur.

Enfin à Palmietfontein, et au mont Maré, on a mis à jour quelques veines de quartz sans continuité dans le granite.

VI. — Or d'alluvion.

Il existe très peu d'alluvions aurifères dans le Murchison Range et dans tout le Zoutpansberg. On peut expliquer ce fait par les effets très considérables de la dénudation et des érosions qu'on remarque partout. L'or a dû être disséminé et entraîné très loin le long des rivières Letaba et Selati, et au delà encore sur l'Oliphant. Les alluvions du district de Lydenburg proviennent en grande partie de reefs situés dans leur voisinage ; leur altitude, supérieure à celle du Murchison Range, ne permet pas de lui attribuer leur origine.

Au sud de Marabastad cependant, on a trouvé quelques champs d'alluvions aurifères, mais très pauvres, et de même à Tours et à Mamotsuri, à 20 milles à l'ouest de Leydsdorp et en quelques autres points ; mais nulle part on n'a exécuté de travaux importants.

VII. — Divers minéraux du Murchison Range.

1° Cuivre. — Avec l'antimoine dont nous avons parlé, le métal le plus abondant au Murchison Range est le cuivre. On l'a rencontré, en effet, dans tous les reefs de quartz aurifère. Mais il a, en outre, un gisement spécial à Palabora, qui a paru présenter une certaine importance.

Les collines de Palabora sont voisines de l'extrémité est de celles du Murchison Range ; elles sont à 32 milles à l'est de Leydsdorp, moins éloignées de cette ville par conséquent que les mines d'or du petit Letaba, Ellerton, et Birthday.

Sur une plaine granitique, que dépassent parfois quelques kopjés de granite, s'élève une longue colline d'une formation tout à fait différente, étant composée d'un calcaire blanc cristallin. Elle frappe tout de suite le regard, n'ayant pas subi, comme le reste, les effets de la dénudation, ni dans sa partie minéralisée, ni ailleurs, à cause de sa composition, les carbonates de chaux et de magnésie se trouvant presque toujours en massifs intacts quand ils se rencontrent au Transvaal.

Cette colline a un contour elliptique ; son grand axe est dirigé du nord au sud et a plus de 2 milles de longueur. Tout le long de cet axe existe, comme une arête centrale, un reef de magnétite avec des taches de carbonate de cuivre, malachite et azurite. C'est sans doute le chapeau de fer d'un reef cuprifère. De l'arête centrale partent, dans toutes les directions de la colline, comme des ramifications de veines et veinules de sulfures et oxysulfures de cuivre, bornite, cuivre gris, panabase et tétraédrite. Ces veines sont très minces, mais d'une teneur en cuivre très élevée ; quelques-unes ont été reconnues jusqu'à 15 mètres de profondeur. Toute cette colline est criblée d'anciens travaux, en puits très voisins les uns des autres,

alors qu'il eût été plus simple de faire une exploitation souterraine par des travers-bancs partant du pied de la colline. Il y a eu, à n'en pas douter, autrefois une véritable industrie du cuivre en cet endroit, et les nombreux ornements et bracelets en cuivre des indigènes du Transvaal peuvent bien provenir de cette exploitation.

Le grand reef de magnétite et carbonate de cuivre se transforme sans doute en pyrite cuivreuse à faible profondeur; il a 0^m,60 à 1^m,20 de puissance. Les lingots de cuivre indigène contiennent une certaine proportion d'un autre métal, qui est l'antimoine, également abondant au Murchison Range.

2° **Mercure.** — On a trouvé du cinabre au nord de Witkopjes, extrémité est du Murchison Range, au contact des schistes et du granite, et à Longweberg, également au Murchison Range dans des grès et quartzites au contact d'une porphyrite.

3° **Étain.** — On a trouvé un peu d'étain en alluvions près de la rivière le grand Letaba.

Citons enfin quelques accumulations de sel en *saltpans*, amas accumulés dans des réservoirs naturels, également sur le grand Letaba et ses affluents, et du mica en plaques (muscovite) dans la granulite. Les plus grandes plaques trouvées ont 15 sur 20 centimètres.

Cette formation de grandes plaques de mica est accompagnée de grandes veines de quartz et de felspath, comme si les éléments du granite s'étaient séparés sous une influence quelconque, refroidissement lent par exemple.

VIII. — ÉTUDE DE QUELQUES MINES DU ZOUTPANSBERG.

1° **New Birthday G. M. C. Ltd. Reef.** — Le reef de quartz se coince en forme de lentille en direction et en profondeur

à 60 mètres environ. La zone Free Milling a rendu 3 à 5 onces d'or par tonne. Les sulfures n'ont donné que 7 à 8 grammes à la batterie : les tailings n'ont pu être traités et paraissent réfractaires à la cyanuration.

Batterie. — Il y avait une vieille batterie de 10 pilons de 750 livres. La nouvelle batterie est à 20 pilons de 950 livres. Les broyages ont cessé en février 1895.

		Tonnes.	Onces.		Dwts par tonne.
Production.	1892	3.137	12.245		78
	1893	2.614	2.387		18
	1894	8.471	3.724		8 3/4
	1895	1.850	202		2 1/4
TOTAL..........		16.072	18.558	Moyenne :	23, ou 35 gr.

La teneur est très vite tombée, comme on le voit.

2° **Gravelotte G. M. Cy. Ld. Reefs.** — Le premier reef découvert s'appelle Antimony reef. A une faible profondeur, 30 mètres, il n'y a plus que de l'antimoine, le quartz et l'or disparaissent. La roche encaissante est formée par les talcschistes très disloqués.

Le Black reef, suivi jusqu'à 75 mètres de profondeur, est également très disloqué. Il plonge à 80° au sud en moyenne et a rendu aux essais 1 à 3 onces sur 1m,20 dans la partie régulière de la zone pyriteuse ; il n'y a presque pas de quartz.

3° **Selati G. M. Cy. Ld. Reefs.** — Les travaux ont porté sur deux reefs : Swiss reef et Laing's reef. Les tailings n'ont pas été traités. L'on a essayé aussi les graviers aurifères de Tours. La production totale n'a pas dépassé 5.500 onces. Les affleurements ont donné près de deux onces par tonne, on n'a plus eu à la fin, en 1894, que 3 à 4 grammes par tonne.

Installations. — Elles comprennent une ancienne batterie de 20 pilons avec 2 pilons pneumatiques équivalant

à 10 pilons ordinaires. Les nouvelles installations comprennent 10 pilons de 950 livres et 2 moulins Huntingdon.

Le charbon n'existant pas dans le pays, on chauffe les chaudières au bois. On attend la construction du Selati railway pour faire de nouveaux essais.

4° **Sutherland G. M. C^y. L^d. Reefs.** — Deux reefs ont été travaillés : le Saturday reef et le New reef. Le Saturday reef a donné, pour 80 tonnes, 1 once par tonne en 1894 sans les taillings qui ne tiennent que 3 à 4 grammes ; il a 4 mètres de puissance et a été suivi jusqu'à 115 mètres de profondeur. Il est très disloqué et renferme seulement des poches riches. Dans les schistes encaissants on trouve parfois un peu d'or et de quartz, dans les feuillets des schistes. Au fond du puits, il paraît plus régulier et aussi riche, mais les derniers broyages n'ont donné que 11 grammes par tonne, avec des frais de 24 sh. par tonne, laissant un bénéfice de 4 sh. environ, ou de £ 3.000 pour toute l'année 1895. En 1896, on n'a obtenu que 7 grammes et demi.

Récemment à 115 mètres de profondeur on prétend avoir découvert une nouvelle poche riche à l'ouest du puits.

Le New reef a 1^m,20 à 1^m,80 de puissance, mais il est très pauvre.

Installation. — Deux treuils et chaudières aux puits du Saturday reef et du New reef. Une batterie de 20 pilons, nouvellement installée, a commencé ses broyages en mars 1895.

Production. — La batterie a marché du 1er mars au 30 novembre 1895 et a produit :

1895	pour	15.260	tonnes broyées : 5.452 onces ou 7 1/4 dwts p.t.	
1896	Janvier	239	onces pour 830 tonnes ou 5 3/4 dwts p.t.	
—	Février	430	—	environ 5 dwts p. t. ou 7^{gr},5.
—	Mars	378	—	
—	Avril	134	—	

Il paraît donc qu'en général, au Murchison Range et dans tout le Zoutpansberg, le minerai s'appauvrit rapidement et notablement en profondeur.

5° **La France.** — A la France (Transvalia) près de Gravelotte, on a fait il y a quelques années la même expérience. Cette mine est noyée depuis plusieurs années. Elle est située sur le versant sud du Murchison Range, à 10 ou 11 milles est de Leydsdorp.

IX. — Production du Zoutpansberg.

Les premières années de la découverte du Murchison Range, 1889-1890, n'ont pas donné de résultats précis comme production : on peut admettre un rendement d'environ 5.000 onces.

1889-90	5.000	onces	valant	£ 17.500
1891	7.926	—	—	45.500
1892 (avec Letaba, etc.)	16.198	—	—	58.300
1893	8.884	—	—	31.900
1894	10.611	—	—	38.100
1895	9.550	—	—	35.000
1896	5.602	—	—	15.800
Total	63.771	onces	valant	£ 242.100

c'est-à-dire environ 6 millions de francs, mais les capitaux engagés ont été au moins sept ou huit fois supérieurs. Il semble bien douteux, devant ces résultats d'appauvrissement rapide à faible profondeur, que le chemin de fer du Selati puisse apporter un changement à la situation des mines d'or du Murchison Range. Le cuivre de Palabora seul gagnerait peut-être à être mieux étudié. Les vieux travaux y sont beaucoup plus importants que dans les reefs aurifères, où l'on ne trouve rien qui ressemble aux vieux travaux de mines d'or si étendus du Charterland. Le

pays lui-même se prêterait à l'agriculture, à condition d'abord d'être assaini; mais il existe, notamment dans le district de Lydenburg, d'immenses espaces plus convenables à l'agriculture et beaucoup plus sains que le Murchison Range, sans parler des mines d'or de Lydenburg qui présentent de bien plus grandes garanties d'avenir. Il est donc certain que le chemin de fer de Lydenburg offre de bien plus grands avantages que celui du Selati. Lorsqu'il existe, dans une région nouvellement ouverte, un reef puissant et riche, il se manifeste dès le commencement par de sûrs indices: ce cas a été celui de la Sheba à de Kaap, des riches mines du Rand, et ne s'est jamais présenté au Murchison Range.

BULLETIN.

PRODUCTION DU PLOMB, DU CUIVRE, DU ZINC, DE L'ÉTAIN, DU NICKEL, DE L'ALUMINIUM ET DU MERCURE DANS LE MONDE EN 1896 ET 1897 (*).

PRODUCTION DU PLOMB BRUT EN 1896 ET 1897.

	1896	1897
	ton. mét.	ton. mét.
Allemagne	113.800	118.900
Espagne	165.000	169.000
Grande-Bretagne	57.200	*60.000*
Italie	20.800	20.500
Grèce	13.200	15.600
Belgique	15.300	14.800
Autriche-Hongrie	11.700	11.100
France	8.200	*9.000*
Autres pays d'Europe	*4.000*	*4.000*
Etats-Unis	158.600	176.500
Mexique	63.000	70.000
Canada	11.000	18.000
Australie	30.000	22.000
Totaux	671.800	709.400

(*) Les nombres en italiques sont donnés, au moins pour partie, par estimation.

Pour les années 1890 à 1895, voir les *Annales des Mines*, 2ᵉ volume de 1897, page 350.

PRODUCTION DU CUIVRE BRUT EN 1896 ET 1897.

	1896	1897
	ton. mét.	ton. mét.
Allemagne	29 319	29.408
Grande-Bretagne	76.000	75.000
France	6.544	5.400
Autriche-Hongrie	1.160	1.291
Italie	2.936	3.000
Russie	5.183	5.080
Autres Etats d'Europe	1.200	1.200
Importation en Europe.		
Du Japon	6.260	7.000
D'Australie	8.232	10.400
D'Amérique (*)	148.000	158.000
Production de ou pour l'Europe	284.834	295.779
Production des Etats-Unis, non compris l'exportation (**)	86.714	89.513
Japon (consommation en Asie) (***)	15.100	16.000
Production totale	386.648	401.292

PRODUCTION DU ZINC BRUT EN 1896 ET 1897.

	1896	1897
	ton. mét.	ton. mét
États allemands de l'ouest, Belgique, Hollande	182.606	187.406
Silésie	97.409	95.550
Grande-Bretagne	25 278	23.805
France et Espagne	28.905	32.634
Autriche	9.403	8.316
Russie	6.264	5.852
Etats-Unis	74.275	89.618
Production totale	424.140	443.181

(*) Chili et États de l'Amérique du Sud, États-Unis, Mexique, colonies anglaises du nord de l'Amérique.

(**) Production des États-Unis : 1896, 215.000 ; 1897, 220.900 tonnes

(***) Quantités auxquelles il y a lieu, pour avoir la production réelle, d'ajouter l'importation en Europe précédemment indiquée.

PRODUCTION DE L'ÉTAIN EN 1896 ET 1897.

	1896	1897
	ton. mét.	ton. mét.
Angleterre	4.914	4.572
Expéditions des Détroits en Europe et en Amérique	47.935	42.367
Expéditions d'Australie	4.389	3.522
Vente Banka en Hollande	6.843	9.042
Vente Billiton en Hollande et à Java	5.121	5.182
Importation de Bolivie en Angleterre	4.104	5.594
Vente Singkep	852	813
Production totale	74.158	71.092

PRODUCTION DU NICKEL EN 1896 ET 1897.

	1896	1897
	ton. mét.	ton. mét.
Suède et Norvège	20	?
Allemagne (*)	822	?
Etats-Unis et Canada	1.700	1.800
Nouvelle-Calédonie (**)	1.950	2.600
Production totale	4.492	?

PRODUCTION DE L'ALUMINIUM EN 1896 ET 1897.

	1896	1897
	kilogr.	kilogr.
Suisse	*700.000*	800.000
Angleterre	»	*300.000*
France	500.000	500.000
Etats-Unis	589.676	1.814.400
Production totale	1.789.676	3.414.400

(*) Production de la Prusse seulement, à laquelle il y aurait lieu d'ajouter le nickel produit dans le royaume de Saxe.

(**) Cette production est obtenue en France et en Angleterre au moyen des minerais de la Nouvelle-Calédonie. Elle ne comprend pas l'importation des minerais de la Nouvelle-Calédonie en Allemagne.

PRODUCTION DU MERCURE EN 1896 ET 1897.

	1896	1897
	ton. mét.	ton. mét.
États-Unis	1.068	905
Espagne	1.524	1.709
Autriche-Hongrie	564	?
Russie	491	*550*
Italie	186	?
Production totale	3.833	?

(*Extrait des* Statistische Zusammenstellungen über Blei, Kupfer, Zink, Zinn, Silber, Nickel, Aluminium und Quecksilber von der Metallgesellschaft und der Metallurgischen Gesellschaft A.-G., 1898.)

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES, CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Arrêté du gouverneur général de l'Algérie, du 16 *mai* 1898, *réglementant les autorisations de recherches de phosphates de chaux.*

Le Gouverneur général de l'Algérie,

Vu l'article 22 du décret du 25 mars 1898 (*) aux termes duquel des arrêtés du gouverneur général, rendus en conseil de gouvernement, fixeront les détails d'application du décret;

Vu les articles 2, 3 et 4 dudit décret, relatifs à l'attribution des permis de recherches de phosphates de chaux ;

Considérant qu'il est indispensable de déterminer les conditions que devront remplir les demandes ou permis de recherches, celles dans lesquelles aura lieu leur réception et les droits que conféreront les arrêtés d'autorisation;

Le conseil de gouvernement entendu,

Arrête :

Art. 1er. — La demande en autorisation de recherches de phosphates de chaux devra être libellée à l'adresse du gouverneur général de l'Algérie et envoyée ou remise au préfet ou au général commandant la division du département où sont situés les terrains à explorer, suivant que ces terrains se trouveront en territoire civil ou en territoire de commandement.

A son arrivée à la préfecture ou à la division, la demande sera timbrée au bureau chargé de l'enregistrement des pièces à l'arrivée. Mention sera faite, sur la demande de la date, de l'heure et du numéro d'ordre de cet enregistrement. Ces indications serviront de base pour le classement des demandes par ordre de priorité dans la réception.

(*) Voir *suprà*, p. 105.

Art. 2. — Pour être régulière, la demande en autorisation de recherches devra :

1° Être établie sur papier au timbre de dimension (*) ;

2° Indiquer les nom, prénoms, nationalité et domicile réel du demandeur ;

3° Concerner des terrains situés dans un territoire placé sous l'autorité du préfet ou du général auquel elle est adressée et où les opérations du sénatus-consulte du 22 avril 1863 auront été exécutées et homologuées, cette dernière condition ne s'appliquant pas, toutefois, aux territoires visés par l'article 2, n°s 2 et 3 de la loi du 26 juillet 1873 où la propriété individuelle est légalement constituée ;

4° Indiquer d'une manière précise le périmètre pour lequel elle est sollicitée ;

5° Contenir l'indication du nom patronymique de son auteur dans le cas où elle émanerait d'un indigène originaire d'un territoire où l'état civil aura été constitué (**).

Toute demande qui ne remplirait pas ces conditions de régularité sera considérée comme non avenue et renvoyée immédiatement à son auteur.

Art. 3. — Les demandes reconnues régulières seront inscrites dans l'ordre de leur enregistrement opéré, comme il est dit à l'article 1er, sur un registre à souche tenu à la disposition du public, au bureau compétent de la préfecture ou de la division.

A ce moment, le préfet ou le général ou leur délégué délivrera récépissé de la demande au moyen du volant du registre à souche.

Le récépissé et le talon devront contenir l'indication du numéro d'inscription de la demande sur le registre spécial, de la date et de l'heure de la réception constatées par l'enregistrement effectué comme il est dit à l'article 1er, du périmètre pour lequel elle est sollicitée et des pièces produites par le demandeur en même temps que sa demande.

Art. 4. — Dans un délai de quinze jours francs à partir de celui de l'enregistrement de la demande, effectué comme il est dit à l'article 1er, le demandeur devra, s'il ne l'a pas fait en envoyant sa demande :

1° Élire domicile en un lieu déterminé au chef-lieu du département dans lequel il a déposé sa demande ;

(*) Loi du 13 brumaire an VII, art. 12.

(**) Loi du 23 mars 1882, art. 14.

2° Fournir pour la région qu'il veut explorer un plan en double expédition satisfaisant aux conditions fixées par l'article 7 ci-après.

Art. 5. — La réception de ces pièces à la préfecture ou à la division sera constatée :

1° Par leur enregistrement à l'arrivée, effectué dans les mêmes conditions que l'enregistrement de la demande (art. 1er) ;

2° Par leur inscription sur le registre spécial des demandes dont il est parlé à l'article 3 ;

3° Par la délivrance au demandeur d'un récépissé spécial extrait dudit registre et portant l'indication du numéro d'inscription de la demande à laquelle les pièces se rapportent, de la date de la remise des pièces, du domicile élu et de l'échelle du plan.

La date de l'enregistrement des pièces à l'arrivée sera considérée comme étant celle de leur réception.

Art. 6. — Dans le cas où, à l'expiration du délai de quinze jours visé à l'article 4, le demandeur n'aura pas fourni le plan en double expédition et fait élection de domicile dans les conditions prévues audit article, sa demande perdra son droit de priorité et prendra rang après toutes les demandes qui seront régulières et complètes au moment où la sienne le deviendra. Avis en sera donné au demandeur.

Sera considérée toutefois comme équivalant à la remise effective du plan, la remise à la préfecture ou à la division d'un récépissé constatant le dépôt entre les mains du géomètre en chef de la topographie, d'une demande de délivrance dudit plan et le versement, pour chaque copie, d'une provision fixée par ce chef de service, suivant l'importance du plan, à raison d'un taux compris entre 3 et 5 francs par décimètre carré ou fraction de décimètre carré de dessin.

Lorsque les copies du plan auront été établies et délivrées, après règlement définitif du coût, au demandeur, celui-ci sera tenu de les remettre à la préfecture ou à la division dans un délai de trois jours à partir de la délivrance qui lui aura été faite, sous peine de perdre son droit de priorité, comme il est dit au paragraphe premier du présent article.

Art. 7. — Tout plan qui serait établi à une échelle autre que celle du 1/4000, du 1/10000 ou du 1/20000 sera considéré comme nul et non avenu. Il en sera de même de tout plan qui, n'émanant pas du service topographique, serait déclaré, par le géomètre en chef ou son délégué, insuffisamment exact pour que

l'administration puisse y inscrire les limites du périmètre dans lesquelles les recherches devront être opérées. Dans l'un et dans l'autre cas, les plans produits seront, dans un délai maximum de trois jours, renvoyés au demandeur, et la demande perdra son droit de priorité et prendra rang comme il est dit à l'article 6.

Art. 8. — Dans le cas où plusieurs demandes régulières et complètes concernant le même périmètre seraient arrivées en même temps par la poste et ne seraient primées par aucune autre, les demandeurs seront avisés de cet incident par le préfet ou le général et mis en demeure de s'entendre dans un délai fixé par le préfet ou le général pour se partager le périmètre de recherches ou pour fusionner leurs demandes. A défaut d'entente dans le délai prescrit, le préfet ou le général fera procéder, en présence des demandeurs ou de leurs délégués, ou eux dûment convoqués, à un tirage au sort pour déterminer l'ordre de priorité de leurs demandes.

Art. 9. — Toute demande régulière et complète est transmise sans retard au gouvernement général avec les pièces produites à l'appui. Cette demande est communiquée par le gouvernement général au service des mines et, s'il y a lieu, aux autres services intéressés, pour instruction et avis.

Le demandeur est tenu de fournir aux agents de ces services les renseignements qu'ils lui demanderaient en vue de cette instruction, par lettre administrative adressée à son domicile élu, comme il est dit à l'article 4. Faute par lui de satisfaire à cette obligation, sa demande pourra être rejetée.

Art. 10. — Les autorisations de recherches sont accordées, s'il y a lieu, pour une période d'un an, par arrêté du gouverneur général.

L'arrêté d'autorisation fixe le périmètre dans lequel les recherches pourront être opérées. Dans aucun cas, ce périmètre ne pourra englober une superficie de plus de 2.000 hectares.

L'arrêté d'autorisation est inséré au *Bulletin officiel* du gouvernement général de l'Algérie. Il est notifié au demandeur au domicile élu par lui, comme il est dit à l'article 4 et par simple lettre recommandée à la poste aux frais du destinataire. La période d'autorisation court du jour de la remise à la poste de la lettre de notification.

Art. 11. — L'autorisation peut être renouvelée par périodes d'un an de durée chacune sur la demande adressée par l'explorateur au gouverneur général avant l'expiration de son permis

et après avis du service des mines ; cette demande a un droit de priorité sur toutes celles qui auraient été formulées pour le même périmètre.

Dans le cas où l'explorateur ne ferait sa demande en prolongation qu'après l'expiration de son permis, cette demande devra être présentée et sera examinée dans les conditions déterminées par les articles 1 à 8; elle n'aura d'autre droit de priorité que celui résultant de son enregistrement.

Art. 12. — L'autorisation de recherches ne peut être cédée qu'avec l'assentiment du gouverneur général.

Art. 13. — Si, dans les six premiers mois à partir de la notification de l'arrêté d'autorisation, comme il est dit à l'article 10, l'explorateur n'a pas commencé ses travaux, le gouverneur général peut, après une mise en demeure faite par simple lettre administrative, retirer l'autorisation.

Art. 14. — L'arrêté d'autorisation confère le droit exclusif de rechercher les phosphates dans les terrains domaniaux, départementaux, communaux, communaux de douars et dans les terrains de propriété collective situés à l'intérieur du périmètre qu'il fixe.

L'arrêté d'autorisation ne comporte pas le droit d'occupation du sol. Pour l'occupation des terrains situés à l'intérieur de son périmètre et nécessaires à l'exécution de ses travaux, l'explorateur devra s'entendre avec les propriétaires ou détenteurs du sol; à défaut d'entente, il ne pourra occuper lesdits terrains qu'après une autorisation donnée par le préfet ou le général sur l'avis des ingénieurs des mines et, s'il y a lieu, des autres services intéressés et après payement aux ayants-droits d'une indemnité réglée à l'amiable ou par l'autorité judiciaire régulièrement saisie par l'explorateur.

Art. 15. — Les travaux de recherches sont soumis à la surveillance de l'Administration.

A cet effet, le permissionnaire tiendra à jour sur les lieux :

1° Un plan donnant à l'échelle de 1/200e le détail des travaux exécutés ;

2° Un registre d'avancement indiquant l'allure et la puissance des couches, l'avancement journalier des travaux et plus généralement toutes les particularités intéressantes.

Art. 16. — Les plan et registre seront communiqués sans déplacement aux agents du service des mines, lorsqu'ils en feront la demande.

Les observations auxquelles pourraient donner lieu soit la

conduite des travaux, soit la tenue des registre et plan, ainsi que l'indication des travaux que les ingénieurs jugeraient utile de prescrire, seront consignées sur le registre d'avancement.

Le permissionnaire devra, pour tout ce qui concerne la conduite des travaux, se conformer aux indications qui lui seront ainsi données par les ingénieurs des mines.

Art. 17. — Tous travaux d'exploitation sont formellement interdits.

Des décisions du gouverneur général arrêtent, après mise en demeure faite par simple lettre administrative, les fouilles qui dégénèrent en exploitation.

Art. 18. — Le permissionnaire entretiendra en bon état de conservation tous les ouvrages superficiels ou souterrains de façon qu'une visite des travaux soit toujours possible.

Il ne pourra cesser d'entretenir tout ou partie de ces ouvrages qu'après y avoir été expressément autorisé par le préfet ou le général sur l'avis du service des mines.

Art. 19. — L'explorateur n'a pas le droit de disposer du produit de ses recherches.

Les phosphates extraits de chaque chantier seront déposés au jour et à proximité du chantier dont ils proviennent. Ils ne pourront dans aucun cas être mélangés avec ceux d'un autre chantier.

Art. 20. — A dater du jour où une amodiation aura été annoncée, le permissionnaire devra laisser visiter tous ses travaux par les personnes munies d'une autorisation du préfet ou du général. Ces personnes auront le droit de prélever des échantillons soit dans le gîte, soit dans les dépôts effectués comme il est dit à l'article précédent.

Art. 21. — Faute par le permissionnaire de se conformer à l'une quelconque des obligations qui lui seront imposées, l'arrêté d'autorisation de recherches pourra être rapporté. Ce retrait pourra, en outre, faire exclure le permissionnaire de l'adjudication, qui aura lieu en vue de l'amodiation du gisement, au cas où il demanderait à y concourir.

Toute opération de nature à dissimuler les conditions du gisement, telles qu'elles ont pu ressortir des travaux effectués, entraînera les mêmes conséquences.

Art. 22. — Lorsque l'administration met à l'étude l'amodiation d'un gisement de phosphates de chaux et si ce gisement n'est l'objet d'aucune autorisation de recherches en cours, ni d'aucune demande régulièrement formée dans les conditions déterminées

par le présent arrêté, le gouverneur général peut suspendre, pour ce gisement, l'application des dispositions du décret du 25 mars 1898 relatives aux permis de recherches et accorder a toutes les personnes qui en feront la demande l'autorisation de faire des recherches sommaires pour s'éclairer sur la valeur du gisement.

Ces recherches n'ouvriront droit ni au remboursement des frais des travaux, ni au bénéfice d'invention.

DISPOSITION TRANSITOIRE.

Art. 23. — Toutes les demandes de permis de recherches de phosphates de chaux qui auraient été présentées depuis la promulgation du décret du 25 mars 1898 et qui ne satisferaient pas aux conditions de régularité spécifiées par le présent arrêté, seront renvoyées à leurs auteurs par lettres recommandées à la poste aux frais des destinataires.

Un délai de quinze jours francs, à courir de la remise à la poste de la lettre de renvoi, sera accordé à chacun de ces demandeurs pour reproduire sa demande dûment rectifiée et complétée conformément aux dispositions du décret du 25 mars 1898 et à celles du présent arrêté. Faute par lui de satisfaire à cette obligation, sa demande perdra son droit de priorité et prendra rang après toutes celles qui seront régulières et complètes quand elle le deviendra.

Fait à Alger, le 16 mai 1898.
LÉPINE.

application, doivent être l'œuvre propre de la commission. Le président peut, en cas d'urgence, ainsi que l'y autorise l'article 36, prendre de lui-même certaines mesures; mais lui seul a qualité pour agir, soit de sa propre initiative, soit au nom de la commission ; l'ingénieur ordinaire secrétaire doit, de même que les autres membres, s'abstenir de toute action personnelle.

Lorsqu'il y a lieu, comme le prévoient les articles 36 et 39, de déléguer un ou plusieurs membres pour procéder à des visites, essais, épreuves ou constatations, la délégation doit émaner de la commission elle-même. Il convient donc, d'une manière générale, que dans toutes les circonstances où doit s'exercer l'action de la commission, une convocation soit adressée à chacun de ses membres, en vue d'une réunion plénière préalable, soit à bord, soit dans le local habituel des délibérations. Et, s'il est un membre dont la présence doit ne pas manquer d'être provoquée, c'est assurément le commissaire de l'inscription maritime, dont le rôle, dans le sein de la commission, est particulièrement important au point de vue de l'« action combinée » que recommande la circulaire du 23 décembre 1895 (*).

Je vous serai obligé, Monsieur l'Ingénieur en chef, de vouloir bien, à l'avenir, tenir la main à l'observation des règles que je viens de rappeler. Vous voudrez bien, d'ailleurs, m'accuser réception de la présente circulaire, dont je vous adresse des exemplaires en nombre suffisant pour les besoins des commissions de surveillance que vous présidez.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le conseiller d'Etat,

Directeur des routes, de la navigation et des mines,

QUINETTE DE ROCHEMONT.

(*) Volume de 1895, p. 530.

CHEMINS DE FER. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — ACIDE SULFUREUX ANHYDRE LIQUÉFIÉ.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 9 mai 1898.

Messieurs, d'après l'avis du comité de l'exploitation technique des chemins de fer, j'ai décidé qu'il y avait lieu de suspendre jusqu'à nouvel ordre, en ce qui touche l'acide sulfureux anhydre liquéfié, l'application de l'article 40 du règlement du 12 novembre 1897 (*), relatif au transport par voie ferrée des matières dangereuses ou infectes.

Je vous prie de prendre immédiatement des mesures pour l'exécution de cette décision et de m'en accuser réception.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics.
Pour le Ministre et par autorisation :
Le conseiller d'État,
Directeur des chemins de fer,
LETHIER.

CHEMINS DE FER. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — ÉPREUVES DES RÉCIPIENTS CONTENANT DES GAZ LIQUÉFIÉS OU COMPRIMÉS.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 28 mai 1898.

Messieurs, je vous ai donné connaissance, le 14 avril dernier, de ma circulaire du 15 décembre 1897 (**), réglant les conditions dans lesquelles devront être effectuées les épreuves officielles prévues, pour les récipients contenant des gaz liquéfiés ou com-

---

(*) Volume de 1897, p. 439.
(**) Volume de 1897, p. 519.

primés, par les articles 25, 27, 29, 40 et 104 du règlement du 12 novembre 1897 (*), relatif au transport par voie ferrée des matières dangereuses ou infectes.

Afin de donner aux industriels le temps de se conformer aux prescriptions de cette circulaire, j'ai décidé que, jusqu'au 1er octobre prochain, vous pourrez accepter les récipients en question sans exiger qu'il ait été satisfait à ces prescriptions.

Je vous prie de prendre immédiatement des mesures pour l'exécution de cette décision et de m'en accuser réception.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

(*) Volume de 1897, p. 439.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

PROMOTIONS.

Décret du 17 *mai* 1898. — Sont nommés Ingénieurs en Chef de 2e classe au Corps national des Mines, pour prendre rang à dater du 1er mai 1898, les Ingénieurs ordinaires de 1re classe dont les noms suivent, savoir :

MM. **Humbert,**
Termier,
Laurans,
Boutan,
Soubeiran.

AVANCEMENTS.

Arrêté du 18 *mai* 1898. — Est porté de 7.000 à 8.000 francs le traitement des Ingénieurs en Chef de 1re classe dont les noms suivent, savoir :

MM. **Perrin,**
Genreau.

Arrêté du 18 *mai*. — Sont élevés à la 1re classe de leur grade, pour prendre rang à dater du 1er mai 1898, les Ingénieurs en Chef de 2e classe dont les noms suivent, savoir :

MM. **Kuss,**
Boutiron.

Arrêté du 18 *mai*. — Sont élevés à la 1re classe de leur grade

pour prendre rang à dater du 1er mai 1898, les Ingénieurs ordinaires de 2e classe dont les noms suivent, savoir:

MM. **Genty,**
Rateau,
Léon,
Villain.

SERVICE DÉTACHÉ.

Arrêté du 21 *mai* 1898. — M. **Leprince-Ringuet,** Élève-Ingénieur de 1re classe, est mis à la disposition du Ministre des Affaires Étrangères, pour remplir une mission ayant pour objet de déterminer les ressources des provinces chinoises au point de vue industriel.

M. **Leprince-Ringuet** est placé dans la situation de service détaché.

DÉCÈS.

	Date du décès.
M. **Fumey,** Ingénieur ordinaire de 1re classe.....	18 mai 1898.

DÉCISIONS DIVERSES.

Arrêté du 10 *mai* 1898. — M. **Walckenaer,** Ingénieur en Chef de 2e classe à Paris, est chargé du service de surveillance des appareils à vapeur du département de la Seine, en remplacement de M. **Michel Lévy,** qui reste exclusivement chargé de la Direction du service de la Carte géologique détaillée de la France et du service des études topographiques souterraines.

M. **Walckenaer** conserve, d'ailleurs, ses fonctions de Rapporteur de la Commission centrale des Machines à vapeur.

Arrêté du 21 *mai.* — Des missions à l'Étranger sont données en 1898, aux Élèves-Ingénieurs de 1re classe dont les noms suivent :

MM. **Glasser,** **Solente,**	en Russie et au Japon.
Anglès-Dauriac, **Potiron de Boisfleury,**	en Autriche, en Russie, en Allemagne et en Suisse.

II. — Contrôleurs des mines.

NOMINATION.

25 *mai* 1898. — M. **Gardes** (Louis), candidat déclaré admissible au concours de 1897, avec le n° 3, est nommé Contrôleur de 4e classe, et attaché dans le département des Pyrénées-Orientales, à la résidence de Prades, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Toulouse-Est et du Contrôle de l'exploitation technique des Chemins de fer du Midi.

SERVICE DÉTACHÉ.

25 *mai* 1898. — M. **Finot**, Contrôleur de 2e classe, attaché dans le département des Pyrénées-Orientales, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Toulouse-Est et du Contrôle de l'exploitation technique des Chemins de fer du Midi, est mis à la disposition du Gouvernement tunisien, pour être employé dans le service des mines de la Régence.

Il sera considéré comme étant en service détaché.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Décision du 28 *mai* 1898. — Le Contrôle de l'exploitation de la section de ligne de Carhaix à Rostrenen est rattaché, savoir :

1° Pour le Contrôle de la voie et des bâtiments : Au 4e arrondissement d'Ingénieur ordinaire au Mans ;

2° Pour le Contrôle de l'exploitation technique : Au 3e arrondissement d'Ingénieur ordinaire au Mans ;

3° Pour le Contrôle de l'exploitation commerciale : A la 3e circonscription d'Inspecteur particulier à Paris ;

4° Pour la surveillance administrative : Au Commissariat de Morlaix.

ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE.

Arrêté du 4 mai 1898. — MM. **de Villaine**, Directeur honorair administrateur de la Société des houillères de Montramber et **Lévy** (Joseph), Ingénieur, Administrateur de mines, à Pari membres du Conseil de perfectionnement de l'École des Mine de Saint-Étienne et désignés comme sortants en 1898, ont é maintenus pour trois ans dans ledit Conseil.

Fig.1_Carte géologique du bassin de Fuveau

Légende

Trias

Jurassique

Crétacé

Crétacé lacustre

Eocène

Faille du Pilon du Roi

Faille du Safre

Faille de la Diote

Pli de Bouc

Courbes de niveau de la Grande Mine

Lambeau de Gardanne *(lame de charriage)*

Bande de Mimet *(lambeau de poussée)*

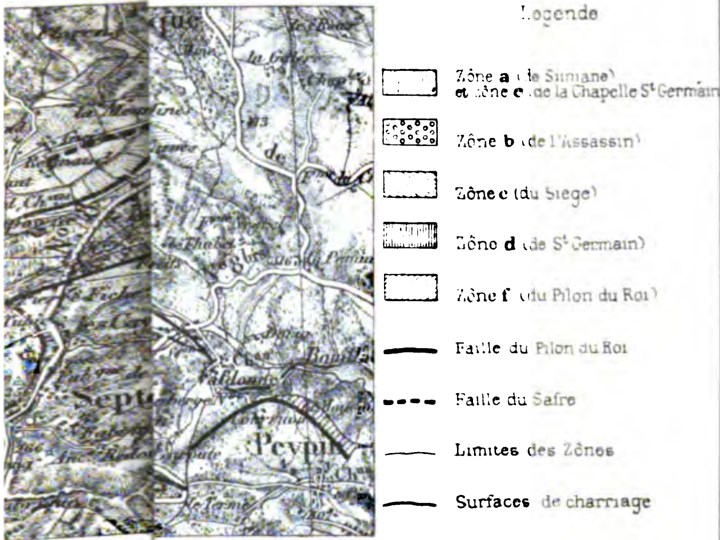
Substratum des terrains à lignite, resté en place

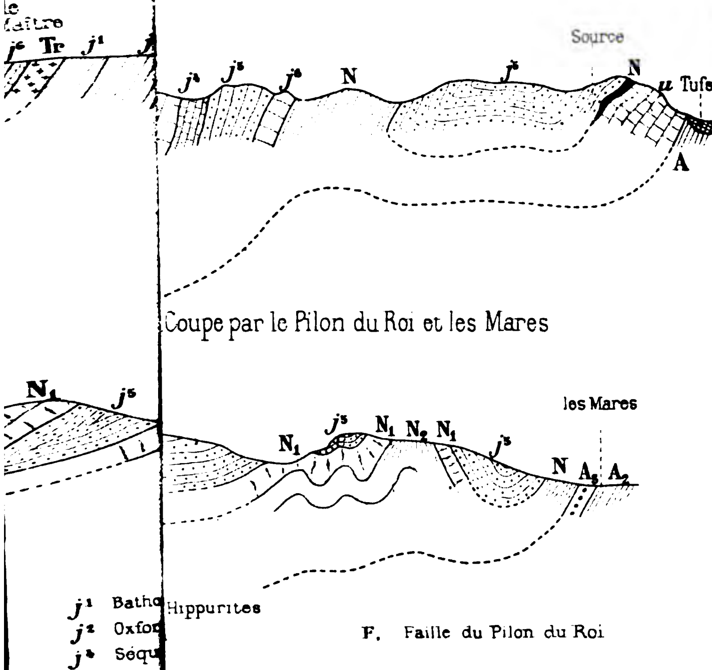
du bassin d *(Denain et Anzin)*



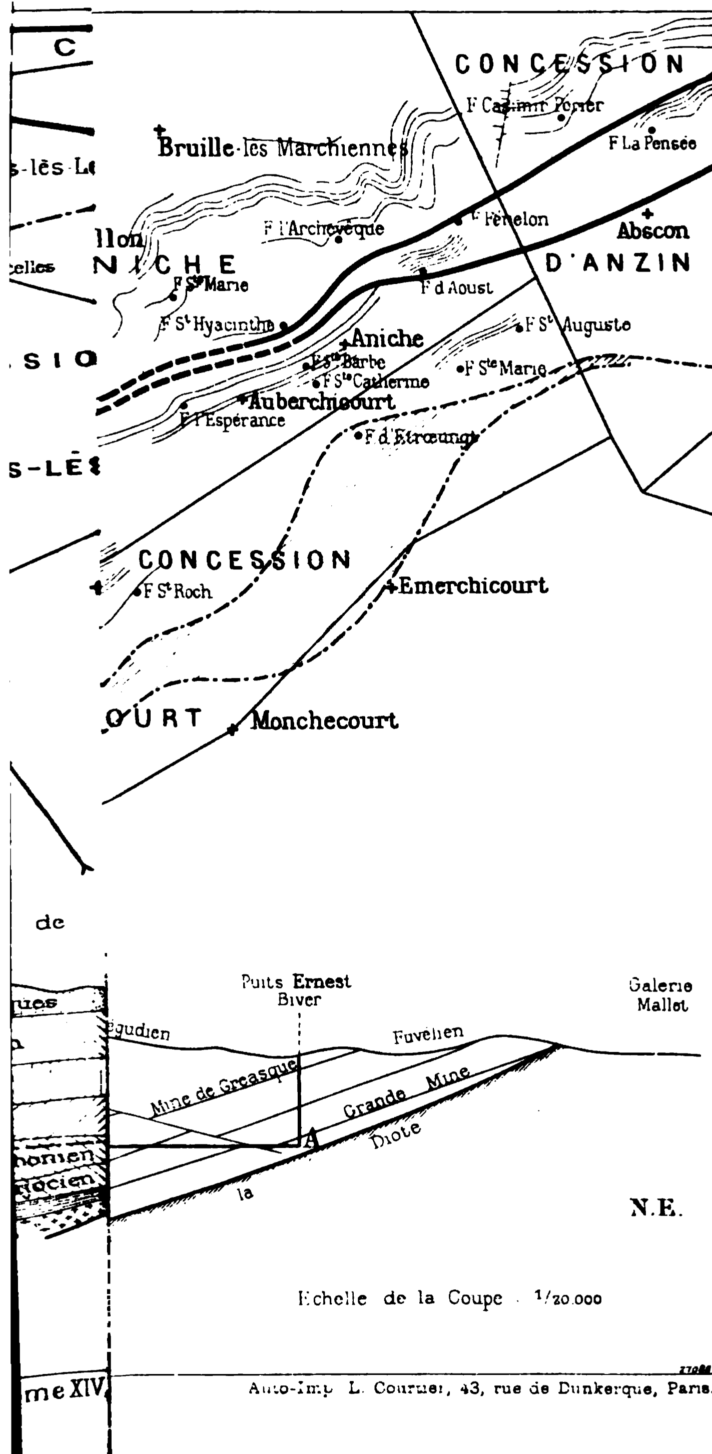
XIV

Imp. Monrocq



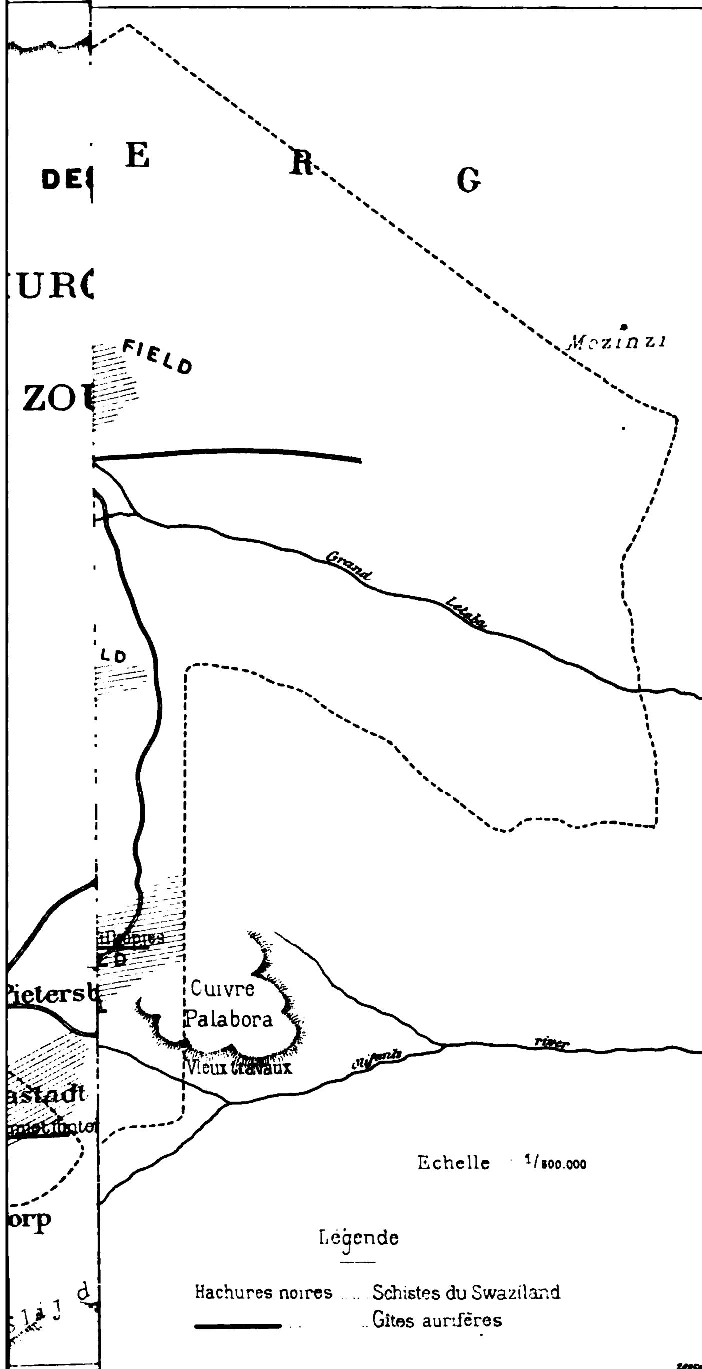


Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Pl. IV



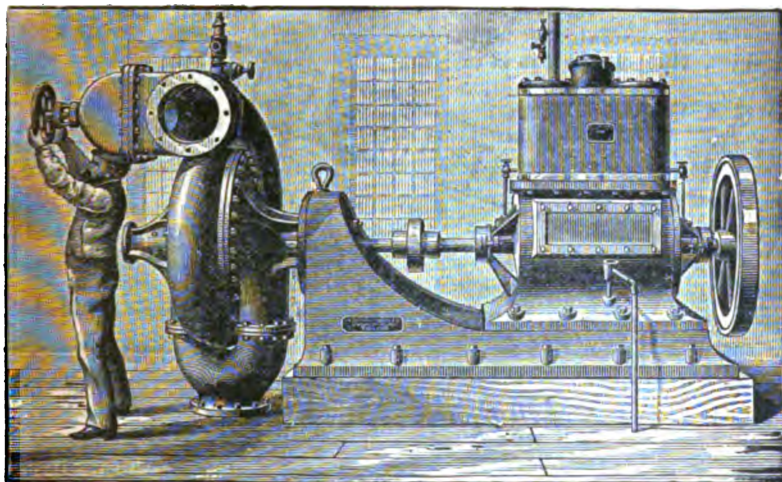
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Machine à vapeur

" WESTINGHOUSE "

SPÉCIALE POUR ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

POMPES ET VENTILATEURS



Moteur accouplé directement à une pompe

PIERSON

54, faubourg Montmartre, 54

PARIS

AGASIN D'EXPOSITION

47, rue Lafayette, 47

**

EXPLICATION DES PLANCHES.

JUILLET.

Pl. I, II et III. — Le bassin crétacé de Fuveau et le bassin houiller du Nord.
Pl. IV. — Champs aurifères du Murchison Range.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

L'Éditeur-Gérant : Vve DUNOD.

ANNALES
DES MINES
OU
RECUEIL
DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME XIV.

8e LIVRAISON DE 1898.

PARIS
Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR
LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES
Quai des Grands-Augustins, 49

1898

TABLE DES MATIÈRES.

AOUT.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

BULLETIN.

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Juin.

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889

2 MÉDAILLES D'OR

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MATÉRIEL pour MINES

VENTILATEURS syst. GENESTE-HERSCHER

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR MINES, FORGES, FONDERIES, SOUFFLAGE SOUS GRILLES, ETC.

RENDEMENT GARANTI SUPÉRIEUR A CELUI DE N'IMPORTE QUEL APPAREIL SIMILAIRE CONNU A CE JOUR.

COMPRESSEURS D'AIR A SOUPAPES A INJECTION

Compresseurs d'air, syst. Burckhardt et Weiss à sec.

APPAREILS A AIR COMPRIMÉ

PERFORATEURS ET BOSSEYEUSES

Syst. DUBOIS & FRANÇOIS. — Breveté S. G. D. G.

HAVEUSE BLANZY

TREUILS pour EXTRACTION et FONÇAGE

A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ ET ÉLECTRIQUES

5 types différents

MACHINES D'EXTRACTION ET TREUILS DE SECOURS

TREUILS MUS PAR TURBINES.

POMPES FRANÇAISES A ACTION DIRECTE

POMPES A COURROIES

Pompes Hélico-Centrifuges. Système **MAGINOT & PINETTE**

POMPES ÉLÉVATOIRES

POUR ÉPUISEMENTS DANS LES MINES, ÉLÉVATION D'EAU

pour Villes et Usines, etc.

Nombreuses Références. — La machine d'épuisement fournie aux houillères de Rochebelle, est comprise pour élever 100 mètres cubes à l'heure à une hauteur totale de 250 mètres d'un seul jet ; son poids a dépassé 40.000 kilos.

CRIBLE GIRATOIRE SYST. COXE, BTÉ S. G. D. G.

POUR HOUILLES, MINERAIS, ETC., ETC.

PRODUCTION CONSIDÉRABLE DANS UN APPAREIL DE DIMENSIONS RESTREINTES

CASSE-COKE — CASSE-CHARBON — CHAINES A GODETS

LAVOIRS, TRIAGES, CRIBLAGES, DÉSCHISTAGES

TRAINAGES MÉCANIQUES, VAGONNETS ET VOIES PORTATIVES

CHEVALEMENTS METALLIQUES, CHARPENTES EN FER, MOLLETTES

Cages d'Extraction Fer ou Acier avec Parachute

PALIERS A ROTULES ROQUEL, ÉVITANT LE FROTTEMENT DES CABLES SUR LES JOUES DES MOLLETTES

MACHINES & CHAUDIÈRES A VAPEUR

LOCOMOBILES, TRANSMISSIONS, GROSSE CHAUDRONNERIE

DEVIS ÉTUDES D'INSTALLATIONS, RENSEIGNEMENTS

CATALOGUES SUR DEMANDE

G. PINETTE * CHALON-S.-SAONE (FRANCE)

MAISON FONDÉE EN 1830

Personnel — 250 Ouvriers

Surfaces occupées par les Usines : 25.000 mètres

J. & A. NICLAUSSE

Société des Générateurs inexplosibles (Brevets Niclausse)

PARIS, 24, rue des Ardennes, PARIS

APPLICATIONS DANS TOUTES LES INDUSTRIES :

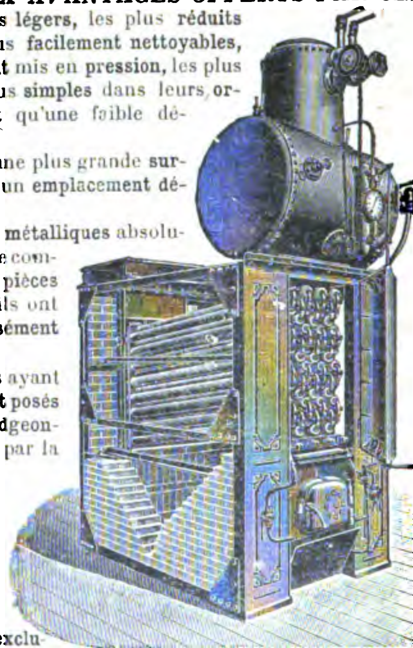
Force motrice, Eclairage électrique, Chauffage, Utilisation des gaz perdus, etc.

Type semi-multitubulaire à grande réserve de chaleur pour différentes industries.
Type spécial pour les installations dans les maisons habitées.

Ville de Paris, 5.000 chevaux. — Cie Fresne, 3.000 chevaux. — Société Industrielle de Produits chimiques, 3.000 chevaux. — Société Normande d'électricité, 2.500 chevaux. — Menier (Usine de Noisiel), 1.000 chevaux, etc., etc.

Stations centrales (Plus de 30.000 chevaux).

PRINCIPAUX AVANTAGES OFFERTS PAR CES GENERATEURS :



Ils sont les plus **légers**, les plus **réduits en volume**, les plus **facilement nettoyables**, les plus **rapidement** mis en pression, les plus **robustes**, et les plus **simples dans leurs organes**, n'exigeant qu'une faible dépense d'entretien.

Ils fournissent une plus grande **surface de grille** dans un emplacement déterminé.

Ils ont des **joints métalliques absolument assurés**, ils ne comportent que des **pièces interchangeables**, ils ont des **tubes droits aisément nettoyables**.

Ils sont les **seuls** ayant les tubes **seulement posés sans vissage** ni **dudgeonnage** et **équilibrés** par la **pression**.

En cas de **changement d'un tube**, ils sont les **seuls** ne **demandant** que la **sortie** de ce **seul** tube ; cette manœuvre s'exécute **exclusivement** par la **chambre de chauffe** et en moins **d'une minute** par les **chauffeurs**.

Ils ont **dépassé** les **plus hautes vaporisations** et les plus **fortes combustions** sans autres accessoires que ceux des chaudières ordinaires et sans amener aucune **déformation du faisceau tubulaire**, composé de **tubes droits**, qui sont à dilatation complètement libre.

Ils donnent le **maximum d'économie** de **combustible** sans **adjonction** d'appareil quelconque.

Ils sont d'un **montage facile**, par suite de leur **fractionnement en pièces** de **faibles dimensions** et de **poids réduit**.

Enfin, ils présentent toute la **résistance voulue** aux **exigences** des **navires de guerre**. **Rapidité de mise en pression. Changement brusque d'allure** et **passage** très prompt d'une **combustion ordinaire** aux **combustions forcées** sans aucun incident.

TYPE MARIN (Plus de **150.000** chevaux)

Marine militaire française. — Croiseur cuirassé *Gueydon*, 20.200 chevaux. — Croiseur cuirassé *Kléber*, 18.000 chevaux. — Croiseur *Friant*, 9.000 chevaux. — Cuirassé *Henri IV*, 11.500 chevaux. — Cuirassé *Requin*, 7.000 chevaux. — Croiseur-torpilleur *Fleurus*, 4.000 chevaux. — Torpilleur *Téméraire*, 1.500 chevaux. — Canonnière *Décidée*, 1.000 chevaux. — Ecole des Pilotes *Elan*, 500 chevaux. — Remorqueurs : *Titan*, 500 chevaux. — *Polyphème*, 500 chevaux. — *Hercule*, 500 chevaux. — *Menhir*, 200 chevaux. — Chalands électriques : *Charlemagne*, 100 chevaux. — *Charles-Martel*, 100 chevaux. Etc.

Marines militaires étrangères. — Croiseur *Cristobal Colon*, 14.000 chevaux. — Croiseur *Ersatz-Freya*, 10.000 chevaux. — Cuirassé *Pelayo*, 9.000 chevaux. — Croiseur *G...*, 7.000 chevaux. — Canonnière *Hcrabry*, 3.000 chevaux. — Canonnière *Seagull*, 3.000 chevaux. — Navire école : *Presidente Sarmiento*. — *Esmeralda* (chaudière auxiliaire). — Vedette *Navarra*.

Marine de commerce. — Remorqueur du Rhône : *Pilate*, 1.000 chevaux. — *Pellevoux*, 1.000 chevaux. — *Ventoux*, 1.000 chevaux. — *Canigou*, 1.000 chevaux. — *Galibier*, 1.000 chevaux. — *Taillefer*, 1.000 chevaux. — Cie générale des Bateaux parisiens, 25 bateaux (150 chevaux chacun) de la nouvelle flotte pour l'Exposition Universelle de 1900. — X..., Paquebot de la Cie fluviale de Cochinchine. — René-André, Remorqueur *Saint-Nazaire*. — Pierre-André, *Le Hâvre*, etc., etc.

Navigation de plaisance. — Yacht *Almée* (M. H. Ménier). — Yacht *Julie* (M. G. Ménier). — Yacht *Saint-Hubert* (M. Courtois de Langlade). — Yacht *Nemo* (M. Baudouin). — Yacht *Président-Carnot* (M. Sâtre, fils, aîné). — Yacht *Walkyrie* (M. G. Eiffel). — Yacht *Zaria* (M. H. Ménier, etc., etc.

ÉLÉVATEURS & TRANSPORTEURS



avec Chaînes simplex

Système BAGSHAWE

Brevetées S. G. D. G.

GODETS TOLE D'ACIER

VIS D'ARCHIMÈDE

APPAREILS POUR DÉCHARGEMENTS DE BATEAUX

TRANSMISSIONS

MARQUE DÉPOSÉE

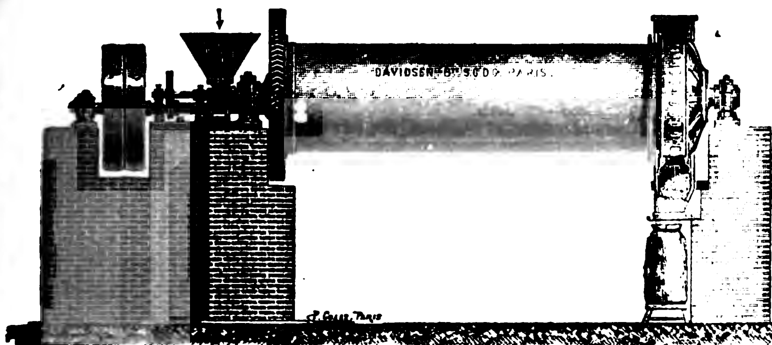
BAGSHAWE Aîné

INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS. — 43, rue Lafayette. — PARIS

DAVIDSEN, Ingénieur Constructeur

PARIS, 118, Rue Lafayette, 118, PARIS



Suppression du blutage

BROYEURS SPÉCIAUX

POUR MINERAIS, QUARTZ ET MATIÈRES DURES

ant ÉCONOMIQUEMENT une GRANDE FINESSE et un GRAND RENDEMENT

SUR DE NOUVELLES

MÉTHODES D'ANALYSE MINÉRALE

Par M. ADOLPHE CARNOT,
Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut,
Professeur à l'École supérieure des Mines.

PRÉAMBULE.

La plupart des procédés analytiques qui vont être exposés ont déjà fait l'objet de notes, qui ont été présentées à l'Académie des sciences à l'époque même où l'étude venait d'en être faite. Il a semblé utile de les réunir ici, dans une publication d'ensemble, en tenant compte de quelques améliorations de détail, que la pratique du laboratoire m'a suggérées depuis les premiers essais ; sous cette forme, les méthodes nouvelles seront mieux à la portée des personnes qu'elles peuvent intéresser, que dans la collection des *Comptes Rendus*, où elles se trouvent disséminées.

Pour faciliter les recherches, j'ai placé à la fin de ce travail une table des matières donnant les titres des articles dont il se compose. Dans le même but, je crois devoir rappeler que les *Annales des Mines* ont déjà publié, dans ces dernières années, plusieurs autres de mes travaux relatifs à l'analyse chimique ; les titres et les dates successives d'insertion sont indiqués à la suite de la première table.

Le *nickel* forme, au contraire, dans le courant gaz sulfhydrique un sulfure bien défini NiS, d'un jaune bronzé, renfermant 0,6476 de métal, tandis que la fusion avec du soufre dans un courant d'hydrogène laisserait une composition indécise.

Le sulfure de *zinc* obtenu par voie humide et plus ou moins altéré pendant la dessiccation peut être, sans aucune perte, ramené à l'état de sulfure anhydre ZnS, tenant 0,6710 de métal. La présence de petites quantités de chlorure ou de sulfate d'ammonium n'empêche pas l'exactitude du dosage.

On obtient très aisément dans le gaz sulfhydrique la sulfuration des composés du *cuivre ;* mais le produit contient presque toujours un peu plus de soufre que le protosulfure Cu^2S. Pour avoir sûrement un bon dosage, je conseillerais, comme pour le fer, de terminer la calcination dans l'hydrogène.

L'*argent* peut être exactement dosé à l'état de sulfure Ag^2 S (0,8710 de métal), quelle que soit la forme sous laquelle il a été séparé : sulfure, chlorure, iodure, etc.

L'oxyde, le carbonate, le sulfate et même le chlorure de *plomb* sont transformés en sulfure cristallin PbS, contenant 0,8657 de métal ; il n'y a aucune perte appréciable, à la condition de ne pas dépasser le rouge sombre et de ne pas prolonger inutilement la calcination.

On arrive également sans perte au sulfure de *bismuth* Bi^2S^3, tenant 0,8140 de métal, quand on chauffe au-dessous du rouge sombre le sulfure obtenu par voie humide. Mais il est difficile d'éviter toute perte, quand on cherche à sulfurer par voie sèche l'oxychlorure de bismuth.

Le sulfure d'*antimoine* précipité avec plus ou moins de soufre, chauffé au-dessous du rouge sombre dans l'hydrogène sulfuré, prend la couleur et la texture fibreuse du sulfure naturel Sb S^3 (à 0,7176 de métal). La flamme


Fabrique de Lampes de Sûreté en tous Genres
LANTERNES DIVERSES — DÉCOLLETAGE SUR TOUS MÉTAUX
Les plus Hautes Récompenses aux Expositions
COSSET-DUBRULLE FILS
LILLE — INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR — LILLE
3, rue de Toul, 3
3, rue de Toul, 3
Coton-Mèche
Toiles métalliques
Rivets et fils de plomb
AMADOU
Emboutissage de tous Métaux
LAMPES DE FONDEURS
Verres divers
CAOUTCHOUC-AMIANTE
Ferblanterie
EXÉCUTÉE SUR DESSINS
Flambeaux pétrole pour pompiers
LAMPES A GAZ
A RÉCUPÉRATION
Fournisseur des Grandes Administrations
ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DE L'ALBUM GÉNÉRAL
FONDERIE DE CUIVRE, TOURNAGE & DÉCOUPAGE
TONDEUSES A GAZON NOUVELLE FABRICATION
EXPOSITION DE BRUXELLES 1897 : GRAND DIPLOME D'HONNEUR
MÉDAILLE D'ARGENT GRAND MODULE AU PERS

ÉLÉVATEURS & TRANSPORTEURS

avec Chaînes simplex

Système BAGSHAWE

Brevetées S. G. D. G.



GODETS TOLE D'ACIER

VIS D'ARCHIMÈDE

APPAREILS POUR DÉCHARGEMENTS DE BATEAUX

TRANSMISSIONS

MARQUE DÉPOSÉE

BAGSHAWE Aîné

INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS. — 43, rue Lafayette. — PARIS

DAVIDSEN, INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS, 118, Rue Lafayette, 118, PARIS



Suppression du blutage

BROYEURS SPÉCIAUX

POUR MINERAIS, QUARTZ ET MATIÈRES DURES

nt ÉCONOMIQUEMENT une GRANDE FINESSE et un GRAND RENDEMENT

peu ; il se distingue très aisément de la solution aqueuse, et remplit la partie inférieure de la boule et le tube fin jusqu'au robinet du verre. On ouvre doucement le robinet et l'on fait écouler le sulfure coloré sur un filtre de papier préalablement mouillé d'eau, on ferme le robinet au moment où la solution aqueuse s'y présente. On ajoute de nouveau 10 centimètres cubes environ de sulfure de carbone et l'on agite comme précédemment ; le réactif n'est, en général, coloré que très faiblement par l'iode ; on fait tomber encore trois ou quatre gouttes d'acide sulfurique nitreux et, après nouvelle agitation, qui ne doit produire aucun changement de teinte, si la première opération a été bien conduite, on laisse rassembler et l'on fait écouler le sulfure de carbone sur le même filtre, qu'on préserve de l'évaporation par une plaque de verre.

L'introduction de 2 ou 3 centimètres cubes de sulfure de carbone et d'une ou deux gouttes d'acide sulfurique nitreux permet de recueillir les fines gouttelettes de sulfure qui peuvent être restées à la surface du liquide, de s'assurer que le déplacement de l'iode est complet et de balayer la petite quantité de sulfure faiblement coloré, contenue dans la voie du robinet de verre.

Le sulfure de carbone, réuni sur le filtre mouillé, est bien lavé à l'eau froide. Les premières eaux seules sont recueillies et ajoutées au liquide aqueux de la boule de verre pour la suite de l'analyse. En perçant le filtre, on fait passer le sulfure de carbone dans une petite fiole, fermée à l'émeri, avec 30 centimètres cubes environ d'une solution à 1/2 p. 100 de bicarbonate de sodium. On verse alors, au moyen d'une burette graduée, une solution d'hyposulfite de sodium titrée (décinormale ou centinormale) jusqu'à décoloration complète du sulfure de carbone. On agite vigoureusement après chaque addition du réducteur. Le phénomène est très net et l'exactitude des résultats est aussi complète que possible, non seulement en pré-

sence des chlorures, ainsi que l'avait observé Frésénius, mais aussi en présence des bromures.

2° **Brome.** — Pour doser le brome, on verse dans la boule de verre à robinet quelques centimètres cubes d'acide chromique à 10 p. 100 et 3 à 4 centimètres cubes d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau ; on met aussitôt le bouchon à l'émeri et l'on ferme solidement la boule, qu'on dépose et qu'on laisse flotter dans un bain-marie à 100° pendant une demi-heure à une heure. On la sort alors et on la laisse refroidir entièrement, puis on introduit du sulfure de carbone et l'on procède, comme je l'ai expliqué pour l'iode, par trois épuisements successifs. Le sulfure de carbone est reçu sur un filtre mouillé, puis lavé à l'eau froide, jusqu'à ce que celle-ci ne présente plus d'acidité.

« On fait alors tomber le sulfure dans un flacon à l'émeri, où l'on ajoute un peu d'iodure de potassium en dissolution et 30 centimètres cubes de bicarbonate de sodium. On agite vigoureusement à plusieurs reprises. Le brome déplace une proportion équivalente d'iode qui, devenu libre, donne au dissolvant une coloration violette beaucoup plus visible que ne l'était la teinte jaune brun produite par le brome. La détermination de l'iode se fait, comme précédemment, par l'hyposulfite de sodium titré, et l'on n'a plus, pour connaître le poids correspondant du brome, qu'à multiplier le poids de l'iode par le coefficient $\frac{80}{127} = 0,63$.

3° **Chlore.** — La solution acide, dont on a enlevé l'iode et le brome et à laquelle on a réuni les premières eaux de lavage, est versée dans un vase à précipitation, étendue d'eau à 500 centimètres cubes environ, additionnée d'azotate d'argent, puis chauffée de façon à rassembler le

chlorure. Le précipité se trouve coloré par un peu de chromate d'argent ; pour le purifier, on décante la liqueur après refroidissement et on la remplace par un peu d'eau chaude légèrement azotique; on laisse encore refroidir et on lave par décantation. Le chlorure d'argent, devenu complètement blanc, est reçu sur un filtre taré, puis séché et pesé avec les précautions habituelles.

Le dosage du chlore est celui des trois auquel on attache le moins d'importance dans la plupart des cas. Au lieu d'opérer comme je viens de le dire, on pourra presque toujours se contenter d'un dosage par différence, qu'un procédé volumétrique permet d'obtenir rapidement de la façon suivante :

On peut opérer sur la solution privée d'iode, provenant de la première opération, et en faire deux portions : l'une est traitée en vue du dosage du brome, comme il vient d'être dit ; l'autre est précipitée par une quantité mesurée d'azotate d'argent titré ; on détermine ensuite l'excès d'argent, en se servant de sulfocyanure comme solution titrée et d'alun de fer comme indicateur ; d'après le dosage du brome, on sait la quantité d'azotate d'argent qu'il a consommée et, par différence, on calcule aisément le chlore.

On peut aussi, surtout si les chlorures sont en proportion beaucoup plus grande que les iodures et bromures, ne prendre que $\frac{1}{10}$ ou même $\frac{1}{50}$ de la solution neutre primitive, y ajouter du chromate de potassium comme indicateur et verser, avec la burette graduée, de l'azotate d'argent titré jusqu'à apparition de la teinte rouge du chromate. Retranchant alors de l'azotate d'argent employé celui qui correspond à l'iode et celui qui correspond au brome, on a celui qui a été précipité par le chlore.

Le chlore se trouve donc facilement dosé par l'un de ces procédés.

Le tableau suivant, montrant les résultats d'une série d'essais faits sur des proportions importantes ou, au contraire, très faibles de chacun des trois corps, permettra d'apprécier la précision à laquelle on arrive couramment par cette méthode.

PROPORTIONS MISES EN EXPÉRIENCE						HYPOSULFITE EMPLOYÉ POUR		PESÉ	ÉLÉMENT RETROUVÉ		
Iodure	Bromure	Chlorure	Io	Br	Cl	Io	Br	AgCl	Io	Br	Cl
mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	cc	cc	mgr	mgr	mgr	mgr
200	100	200	153,0	67,2	95,2	22,3	15,2	380	152,5	65,3	94,0
100	100	100	76,5	67,2	47,6	11,2	15,4	»	76,6	66,2	»
100	200	100	76,5	134,4	47,6	11,2	31,0	192	76,6	133,3	47,5
20	40	200	15,3	26,9	95,2	2,2	6,3	»	15,0	27,1	»
5	50	200	3,8	33,6	95,2	0,6	7,8	»	4,1	33,5	»
1	100	600	0,8	67,2	285,6	0,1	15,3	»	0,7	65,8	»
»	20	500	»	13,4	238,0	»	3,1	»	»	13,3	»
»	10	200	»	6,7	95,2	»	1,5	»	»	6,4	»
»	5	200	»	3,4	95,2	»	0,7	»	»	3,0	»
»	1	200	»	0,7	95,2	»	0,1	»	»	0,4	»
100	100	20	76,5	67,2	9,5	11,2	15,5	39	76,6	66,6	9,6
100	100	5	76,5	67,2	2,4	11,2	15,6	10	76,6	67,1	2,5

Pour une simple *recherche qualitative* de faibles quantités d'iodure et de bromure, en présence d'un grand excès de chlorure alcalin, on peut recommander la marche suivante :

1° Séparer l'iode dans un peu de la solution neutre par l'acide sulfurique nitreux et le rassembler dans quelques gouttes de sulfure de carbone. La coloration violette ou rose est extrêmement sensible ;

2° L'iode ayant été éliminé, ajouter à la liqueur, placée dans un petit ballon, un peu d'acide chromique et d'acide sulfurique, puis chauffer jusqu'à ébullition, en plaçant à l'ouverture un papier jaune à la fluorescéine, dont M. Baubigny a fait connaître la préparation et la sensibilité pour des traces de brome. Les plus faibles quantités

de brome seront révélées par une teinte rose caractéristique.

III

Analyse, par les procédés volumétriques, d'un mélange de chlorures, d'hypochlorite et de chlorates (*).

On sait que le chlore, agissant sur les hydrates alcalins ou alcalino-terreux, donne naissance à des chlorures et, en même temps, à des chlorates ou à des hypochlorites, selon la température et la concentration des liquides. Dans des conditions moyennes, les trois sortes de sels se forment ensemble.

Il se produit un mélange des mêmes sels, lorsque l'on soumet des solutions de chlorure de sodium à l'électrolyse, suivant les procédés récemment employés en vue de la fabrication du chlore libre et de la soude caustique ou de celle des chlorates et des hypochlorites.

Il y a, dans ces divers cas, grand intérêt pour l'industrie à pouvoir déterminer facilement la proportion de chacun des sels contenus.

Une question analogue se présente, lorsqu'on a besoin de connaître la véritable composition d'un chlorure de chaux; car ce produit renferme toujours un peu de chlorate, même lorsqu'il a été préparé récemment et avec soin (Lunge et Schoch), et la proportion de ce sel augmente progressivement avec le temps (Pattinson), surtout lorsque le chlorure décolorant a été fabriqué avec de la chaux en partie carbonatée (Frésénius).

Pour l'analyse d'un semblable mélange de sels, je crois pouvoir recommander la méthode suivante, comme étant

(*) *Académie des Sciences*, 24 février 1896.

à la fois très rapide et très exacte. Toutes les opérations s'exécutent successivement sur une seule et même prise d'essai de la solution saline.

1° On détermine d'abord l'hypochlorite par le procédé connu de l'arsénite de sodium, légèrement modifié; je me suis assuré que, dans les conditions de l'expérience, ce réactif n'exerce absolument aucune réduction sur le chlorate, la liqueur étant neutre ou alcaline;

2° On acidifie alors par l'acide sulfurique et l'on verse une quantité mesurée de sulfate ferreux, dont on titre l'excès par le permanganate de potassium. On détermine ainsi le chlorate d'après la quantité d'oxygène qu'il cède au sulfate ferreux;

3° Enfin on dose le chlore total, provenant soit du chlorure primitif, soit de la réduction de l'hypochlorite et du chlorate, par le procédé de l'azotate d'argent et du sulfocyanure d'ammonium, ce procédé permettant d'opérer dans une liqueur acide, comme celle à laquelle on est conduit par l'opération précédente.

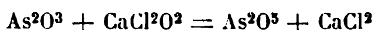
Connaissant directement par les deux premiers essais les proportions exactes d'hypochlorite et de chlorate, on en déduit la quantité correspondante de chlore; le dernier essai permet donc de connaître, par différence, la quantité de chlore qui existait à l'état de chlorure dans la liqueur primitive. Il n'y a aucun inconvénient à se servir ici d'un dosage par différence, parce qu'il s'applique au sel le plus abondant et le moins utile à déterminer exactement.

Après ces indications générales, je dois donner quelques détails sur la manière d'opérer les trois dosages successifs.

I. Le mélange d'hypochlorite, chlorate et chlorure, prélevé sur la solution de chlorure de sodium électrolysée ou sur le liquide provenant du lessivage du chlorure décolorant, est versé dans le verre à essai. On y fait

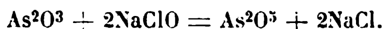
aussitôt couler d'une burette graduée une dissolution titrée d'arsénite de sodium, préparée comme d'ordinaire, jusqu'à réduction complète de l'hypochlorite. Pour fixer le moment précis où la réduction est achevée, on porte, au bout de l'agitateur en verre, une goutte du liquide sur une soucoupe de porcelaine au contact d'une goutte de solution d'iodure de potassium et d'amidon préparée à l'avance (*).

Il se produit par le mélange des deux gouttes une coloration bleue, tant qu'il reste de l'hypochlorite non réduit. Dès que le mélange cesse de se colorer, on lit le volume de la liqueur arsénieuse et l'on en conclut la proportion d'hypochlorite ou celle d'acide hypochloreux, qui l'a transformée en acide arsénique, ou enfin celle du chlore correspondant :



$$As^2O^3 + CaCl^2O^2 = As^2O^5 + CaCl^2$$

ou

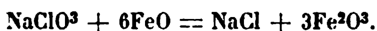


$$As^2O^3 + 2NaClO = As^2O^5 + 2NaCl.$$

II. On acidifie légèrement par l'acide sulfurique la liqueur qui ne renferme plus que chlorate et chlorure, et l'on y fait dissoudre du sulfate ferroso-ammonique en quantité au moins vingt fois égale au poids de chlorate présumé. Puis on chauffe jusque vers 100°, en ajoutant, par petites quantités à la fois, 5 centimètres cubes d'acide sulfurique étendu de 15 centimètres cubes d'eau ; le mieux est pour cela de se servir d'un entonnoir à robinet, laissant tomber goutte à goutte l'acide sulfurique. Après avoir bouché la fiole pour éviter le contact de l'air, on laisse un peu refroidir, puis on titre l'excès du sel ferreux au moyen du permanganate. Sachant la

(*) Délayer dans l'eau froide 3 grammes d'amidon; porter à l'ébullition en remuant ; ajouter 1 gramme de carbonate de sodium et 1 gramme d'iodure de potassium ; étendre à 500 centimètres cubes. Cette solution d'iodure est plus sensible que le papier ioduré amidonné (Frésénius).

quantité de sel ferreux, qui a été introduite au début, on a, par différence, la quantité qui a été peroxydée au détriment du chlorate ramené à l'état de chlorure :



$$NaClO^3 + 6FeO = NaCl + 3Fe^2O^3.$$

Il est donc facile de calculer la proportion du chlorate ou celle de l'acide chlorique ou encore celle du chlore correspondant.

III. Quant au chlore total, qui se trouve maintenant en entier à l'état de chlorure, on le dose de la façon suivante : on fait d'abord disparaître la teinte rosée produite par le permanganate, en ajoutant quelque peu de sulfate ferreux cristallisé ou dissous; puis on verse une quantité mesurée d'azotate d'argent, plus que suffisante pour précipiter tout le chlore, et l'on dose ensuite l'excès du sel d'argent au moyen de sulfocyanure d'ammonium, que l'on a titré par comparaison avec la solution de nitrate d'argent. Le sel ferrique précédemment formé par suroxydation du sel ferreux sert d'indicateur, en produisant une coloration rouge persistante, aussitôt que le sulfocyanure ne trouve plus de sel d'argent à précipiter; quant à l'acide arsénique provenant de la première opération, il ne gêne aucunement.

Afin d'éviter l'emploi d'une trop grande quantité de nitrate d'argent, qui serait nécessaire à raison de la forte proportion de chlorure à précipiter, on pourra n'employer qu'une partie aliquote de la liqueur.

Le chlore, qui se trouvait à l'état de chlorure dans la liqueur primitive, se calculera aisément, ainsi que je l'ai déjà dit, en retranchant du chlore total, qu'on vient de déterminer, les deux quantités déjà dosées à l'état d'hypochlorite et de chlorate.

Les trois opérations se succèdent donc sans interruption et sans préparation distincte et sont terminées en peu de temps. Il est utile, comme toujours, de contrôler

les résultats en faisant une seconde série de dosages, afin d'éviter les erreurs accidentelles.

De nombreuses expériences m'ont permis de constater que la méthode fournit des résultats d'une grande précision. Ces expériences ont porté sur des quantités connues et très variées de trois sels pris, soit isolément, soit deux à deux, soit tous les trois ensemble. Les chlorures et les chlorates étaient pesés à l'état de pureté; quant au chlorure de chaux, de composition complexe comme toujours, il était traité par l'eau et la dissolution essayée une première fois pour hypochlorite, chlorate et chlorure, puis additionnée de quantités connues de chlorate et de chlorure alcalins pour être essayée à nouveau.

Les écarts observés entre les résultats des essais et les nombres calculés atteignaient rarement 1 milligramme, en opérant sur 250 à 500 milligrammes.

IV

Analyse d'un mélange de chlorures, de chlorates et de perchlorates (*).

Les produits de la calcination des chlorates peuvent renfermer des chlorates, des perchlorates et des chlorures; ils ne contiennent jamais d'hypochlorites. De leur côté, les produits formés à froid ou par voie humide, chlorures décolorants et hypochlorites, ne renferment jamais de perchlorates.

L'examen de ces deux sortes de produits constitue donc deux problèmes tout à fait différents dans la pratique.

Je vais indiquer ici le mode d'analyse des produits de

(*) *Académie des Sciences*, 24 février 1896.

voie sèche, mélanges de chlorures, chlorates et perchlorates.

Je me suis assuré d'abord que les perchlorates ne subissent aucune réduction de la part des agents de voie humide, qui transforment si aisément les chlorates en chlorures, notamment de la part du sulfate ferreux, cité dans la Note précédente, de l'acide sulfureux ou du zinc en présence des acides.

Dès lors on pourra faire le dosage du *chlorate* et du *chlorure*, comme s'ils étaient seuls, par l'une des méthodes suivantes (A ou B) :

A. On prend deux parties égales de la dissolution : sur l'une, on fait directement le dosage volumétrique du chlorure, après addition d'acide azotique et de sulfate ferrique, par l'azotate d'argent en excès et le sulfocyanure d'ammonium; sur l'autre on opère la réduction du chlorate par le sulfate ferreux en solution sulfurique et l'on continue de même pour doser le chlorure total. La première opération donne le chlore du chlorure et la seconde, par différence, le chlore du chlorate.

B. On opère sur un seul et même échantillon de la liqueur à analyser. On fait le dosage du chlorure au moyen d'une solution titrée d'azotate d'argent versée dans la liqueur neutre, après y avoir ajouté un peu d'arséniate de soude ou de potasse, comme indicateur (de préférence au chromate de potasse, qui aurait l'inconvénient d'agir sur le réducteur employé dans la suite). Puis on détermine le chlorate par addition d'acide sulfurique et de sulfate ferreux en quantité connue, comme il a été dit dans la Note précédente. On peut donc calculer séparément le chlore du chlorure et celui du chlorate.

Quant au *perchlorate*, il faut le doser au moyen d'une opération spéciale et, dans ce but, le réduire d'abord à l'état de chlorure par la voie sèche, puisque la voie humide ne réussit pas.

On arrive difficilement à obtenir, sans perte de volatilisation, la réduction complète du perchlorate dans un creuset ou dans un tube de verre, bien que ces procédés aient été recommandés. Si l'on opère dans un creuset de platine, on observe un déficit notable. Si l'on se sert d'un tube à essai, on se rend compte, par la vue du sublimé blanc qui se dépose jusqu'à l'orifice du tube, qu'il y a tout au moins grand danger de perte. Le chlorure fondu montre, d'ailleurs, quelque peine à se dissoudre.

Mais on peut éviter toute difficulté par un artifice assez simple, consistant à mêler la poudre saline à analyser avec quatre ou cinq fois son poids de sable quartzeux pur, assez fin, bien lavé et séché.

On introduit le mélange au fond d'un creuset de platine et l'on verse par dessus une quantité de sable suffisante pour occuper dans le creuset une hauteur de 1 ou 2 centimètres, suivant la quantité de matière à traiter. L'expérience montre que $0^{cm},25$ ou même $0^{cm},5$ d'épaisseur de la couche de sable ne préserve pas entièrement d'une perte de volatilisation, quand on opère sur $0^{gr},500$ ou 1 gramme de matière.

On chauffe sur le bec Bunsen pendant vingt à trente minutes, de façon que le fond seul du creuset soit porté au rouge. Le chlorate et le perchlorate se réduisent ainsi complètement et, s'il se volatilise du chlorure, il se condense aussitôt en pénétrant dans la couche moins chaude et perméable de sable, dont la base se trouve parfois agglutinée sur plusieurs millimètres d'épaisseur.

En reprenant par l'eau, on dissout en quelques secondes tout le chlorure; on filtre et on lave le sable avec la plus grande facilité. Enfin, dans la solution neutre, on dose le chlore au moyen d'une solution titrée d'azotate d'argent, en présence de chromate ou d'arséniate alcalin.

Ce dosage fait connaître la proportion de *chlore total*. Celui du perchlorate se calculera donc par différence, en

retranchant celui du chlorate et celui du chlorure, déjà déterminés par les opérations précédentes.

Cinq expériences de contrôle ont donné des écarts de moins de $0^{mgr},5$. »

V

Recherche qualitative de la potasse, son dosage pondéral et volumétrique par les sels de bismuth et les hyposulfites.

La potasse est une des substances que l'agriculture à le plus grand intérêt à savoir reconnaître et doser, soit dans le sol, soit dans les plantes ou dans les engrais.

Plusieurs industries chimiques, particulièrement de celles qui touchent à l'agriculture, sont également intéressées à cette question.

J'ai fait, pour la résoudre, des recherches qui datent déjà de loin, mais que j'ai publiées par portions (*) ; plusieurs chimistes m'ayant témoigné le regret de ne pas les voir groupées dans un article unique et facile à consulter, je me décide à les publier de nouveau avec quelques compléments résultant d'une pratique assez longue.

Avant d'exposer la méthode d'analyse, il est nécessaire de faire connaître les propriétés des sels nouveaux, sur l'emploi desquels elle est fondée, notamment celles de l'*hyposulfite double de bismuth et de potassium.*

Si l'on verse une dissolution concentrée d'hyposulfite de sodium dans une solution faiblement acide de chlorure de bismuth, la liqueur prend aussitôt une coloration jaune, mais en demeurant parfaitement limpide ; elle retrouve

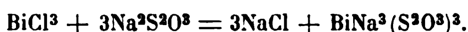
(*) *Académie des Sciences :* juillet et août 1876, juin et juillet 1877, février 1878. — *Congrès des stations agronomiques*, 1881, p. 112.

même sa limpidité, si elle était primitivement un peu louche par insuffisance d'acidité.

Lorsque la quantité d'hyposulfite est suffisante, le mélange peut être additionné d'eau pure, même en grande quantité, sans qu'il se produise aucun trouble, contrairement à ce qui a lieu avec les sels ordinaires du bismuth, caractérisés par leur facile précipitation par l'eau.

S'il y a assez de chlorure de bismuth, on peut ajouter au mélange de l'alcool concentré sans y produire aucun précipité, tandis que l'hyposulfite de sodium, lorsqu'il est seul, donne un précipité blanc par l'addition d'alcool.

En employant 1 molécule de chlorure de bismuth et 6 molécules d'hyposulfite de sodium, on produit du chlorure de sodium et de l'hyposulfite double de bismuth et de sodium, qui diffère à la fois et des sels ordinaires de bismuth par sa solubilité dans l'eau et des hyposulfites ordinaires par sa solubilité dans l'alcool :



$$BiCl^3 + 3Na^2S^2O^3 = 3NaCl + BiNa^3(S^2O^3)^3.$$

Il est moins facilement décomposé par un excès d'acide que les hyposulfites simples ; cependant il est lui-même peu stable.

Il s'altère d'autant plus vite qu'il est plus concentré, avec formation de sulfate alcalin et de sulfure de bismuth ; cette altération est favorisée par la chaleur et donne lieu d'abord à un trouble brun rougeâtre, puis à un dépôt de sulfure de bismuth en petits grains noirs cristallins.

Lorsqu'on a formé une solution alcoolique du mélange des deux sels et que, dans cette solution bien limpide, on introduit une petite quantité de chlorure de potassium, il se fait aussitôt un précipité abondant, d'un jaune serin, qui se rassemble aisément, surtout après quelques instants d'agitation. Ce précipité est constitué par l'*hyposulfite double de bismuth et de potassium*.

La même liqueur n'éprouve aucune précipitation, si

l'on y verse des chlorures de sodium, de lithium, d'ammonium, de calcium, de magnésium, d'aluminium, de fer, de manganèse, etc., en un mot des divers métaux, qui peuvent se rencontrer avec le potassium et ne sont pas précipités par l'hydrogène sulfuré.

La formation du précipité jaune grenu est donc caractéristique pour le sel de potassium ; elle se produit d'ailleurs de la même façon avec le nitrate qu'avec le chlorure de potassium.

Elle est moins nette et moins complète avec le sulfate, à cause du peu de solubilité du sulfate de potassium dans l'alcool fort.

Je dois cependant faire observer que le *rubidium* se conduit à la façon du potassium, en présence des mêmes réactifs ; ses sels forment aussi un *hyposulfite double de bismuth et de rubidium*, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool fort et coloré en jaune, comme le sel double de potassium.

Le chlorure de *cœsium* donne lieu, en présence du chlorure de bismuth, à un chlorure double, peu soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool ; le précipité blanc cristallin peut servir à caractériser le cœsium, en le différentiant du rubidium et du potassium.

Enfin il faut également signaler que le chlorure de *baryum* et celui de *strontium* forment, en présence d'une solution d'hyposulfite alcalin, des précipités blancs très gélatineux, qui ne peuvent pas être confondus avec les précédents, mais qui pourraient gêner, s'ils se produisaient en même temps que les sels doubles.

HYPOSULFITE DOUBLE DE BISMUTH ET DE POTASSIUM.

Le précipité jaune obtenu dans une liqueur alcoolique est facilement soluble dans l'eau, où il forme une solution verdâtre. On peut donc le purifier des sels qui l'imprègnent

en le recevant d'abord sur un filtre et lavant avec de l'alcool, puis le dissolvant dans un peu d'eau et précipitant de nouveau par de l'alcool en excès.

Cette seconde précipitation le purifie des sels entraînés la première fois.

Il peut alors être séché sur le filtre, par une douce chaleur ou mieux par une succion prolongée, et il peut ensuite supporter sans altération notable une température de près de 100°.

Il s'altère facilement, au contraire, à une température plus basse et même à la température ordinaire, lorsqu'il est encore imprégné de la liqueur, ordinairement un peu acide, d'où il s'est déposé ; on le voit alors changer peu à peu de coloration en tournant au brun. Sa dissolution dans l'eau est elle-même altérable à froid et surtout rapidement à chaud ; elle laisse déposer du sulfure de bismuth.

Le sel précipité par l'alcool présente un aspect cristallin d'autant plus marqué qu'il s'est formé plus lentement. J'ai pu l'obtenir nettement cristallisé en réalisant par divers moyens un mélange graduel des liqueurs. La difficulté réside toujours dans le défaut de stabilité du liquide, qui doit cependant rester assez longtemps en expérience pour la formation des cristaux ; aussi ne peut-on guère éviter qu'il y ait un peu de sulfure mélangé avec les cristaux d'hyposulfite. Le procédé qui m'a donné les meilleurs résultats consiste à faire la dissolution aqueuse des trois sels dans les proportions voulues (environ 1 partie de chlorure de potassium et 3 parties d'hyposulfite de sodium en cristaux pour 1 partie de bismuth métallique, préalablement transformé en chlorure), précipiter par l'alcool, filtrer pour enlever la liqueur mère et redissoudre par l'eau pure et froide.

Dans cette dissolution aqueuse on introduit de l'alcool avec précaution, de manière à la laisser limpide ; on y fait alors plonger un dialyseur, dans lequel on verse de

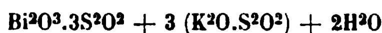
l'alcool concentré, afin d'élever peu à peu le titre alcoolique de la solution d'hyposulfite.

Il se forme, sur les parois du vase et principalement sous la membrane du dialyseur, des cristaux d'un jaune verdâtre, très brillants, qui présentent la forme d'aiguilles prismatiques très fines en général et longues de 2 à 3 millimètres, mais atteignant parfois 10 millimètres de longueur et 1/4 de millimètre de diamètre. Ces cristaux se conservent longtemps à l'air, sans altération visible, mais ils finissent par tourner au noir.

J'ai fait plusieurs analyses du sel cristallisé et du précipité cristallin, purifié, comme je l'ai dit plus haut, par deux ou trois précipitations, et j'ai trouvé, comme moyenne des résultats obtenus :

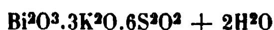
Oxyde de bismuth	34,33
Potasse	20,78
Acide hyposulfureux	42,25
Eau	2,64
	100,00

ce qui répond à la formule de composition suivante :



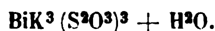
$$Bi^2O^3.3S^2O^2 + 3\,(K^2O.S^2O^2) + 2H^2O$$

ou



$$Bi^2O^3.3K^2O.6S^2O^2 + 2H^2O$$

ou encore, avec la notation unitaire :



$$BiK^3\,(S^2O^3)^3 + H^2O.$$

RECHERCHE QUALITATIVE DE LA POTASSE.

La formation du composé jaune, volumineux, insoluble dans l'alcool, dans des conditions où les autres éléments ne sont pas précipités, fournit un procédé très sensible et très rapide pour la recherche qualitative de la potasse.

A défaut de réactifs préparés à l'avance, au sujet desquels je reviendrai tout à l'heure, on peut en faire très rapidement la quantité nécessaire pour quelques expériences, en dissolvant, d'une part, dans deux ou trois gouttes d'acide chlorhydrique $0^{gr},10$ de sous-nitrate de bismuth, et, d'autre part, dans 1 ou 2 centimètres cubes d'eau, $0^{gr},20$ d'hyposulfite de sodium en cristaux. On verse cette seconde solution dans la première et on ajoute aussitôt de l'alcool à 95 centièmes, de manière à former 20 ou 25 centimètres cubes de réactif. Le liquide doit être limpide, si l'on n'a pas employé une trop grande quantité d'hyposulfite de sodium, dont l'excès formerait un précipité par l'addition d'alcool.

Si l'on mêle à ce réactif quelques gouttes d'une solution renfermant peu de sel de potassium, on obtient aussitôt, en battant avec l'agitateur, un précipité jaune, qui dénote avec certitude la présence de ce métal.

Même sans avoir été préalablement dissous, un sel soluble de potassium en petits fragments ou en poudre, se reconnaît encore, au milieu d'un mélange d'autres sels, par une coloration d'un jaune franc, très visible au bout de quelques instants. Cependant presque toujours on devra préférer la réaction des sels dissous.

La formation du précipité jaune dans le réactif alcoolique se produit avec tous les sels de potassium solubles, à acides minéraux, chlorures, nitrates, phosphates et même avec les sulfates, malgré leur faible solubilité dans l'alcool. Elle est encore sensible en présence d'acides organiques et n'est pas empêchée par la présence des autres métaux que l'on peut rencontrer avec le potassium. C'est donc une réaction véritablement caractéristique, avec les seules restrictions déjà indiquées plus haut relativement aux sels de cœsium et de rubidium, de baryum et de strontium.

Dans le cas où l'on aurait affaire à une solution renfermant extrêmement peu de sel de potassium, on pourrait

la réduire à un très faible volume par concentration ou même pousser l'évaporation jusqu'à sec, écraser le résidu salin et reprendre par très peu d'eau, pour faire ensuite apparaître la réaction caractéristique.

On peut aussi, pour aller plus vite, lorsque la solution est très étendue, en imbiber à plusieurs reprises une petite bande de papier à filtre, en y déposant des gouttes de la solution au bout d'une baguette de verre et, après dessiccation, la tremper dans le réactif alcoolique ; la coloration jaune se manifeste aussitôt, principalement sur les bords du papier. On arrive ainsi à donner au procédé une sensibilité extrême et à pouvoir découvrir quelques milligrammes de potasse par litre de liquide.

DÉTERMINATION QUANTITATIVE.

1° **Préparation des réactifs.** — Les deux réactifs nécessaires à l'opération, le chlorure de bismuth en solution alcoolique et l'hyposulfite en solution aqueuse, doivent être préparés à l'avance et conservés isolément.

Le chlorure de bismuth s'obtient en attaquant d'abord le métal par l'acide nitrique et évaporant à sec ou en prenant pour point de départ le sous-nitrate de bismuth, dissolvant la matière à froid par la plus petite quantité possible d'acide chlorhydrique, chauffant légèrement et laissant refroidir. On ajoute alors de l'alcool concentré, qui ne doit point produire de trouble blanc immédiat (par formation d'oxychlorure de bismuth), mais qui peut donner un dépôt cristallin de chlorure de plomb, si, comme il arrive souvent, il se trouve un peu de ce métal dans le bismuth ou dans le sous-nitrate employé. Après quelques jours de repos, on décante et on filtre pour avoir le sel de bismuth pur ; on l'étend d'alcool à 95 centièmes jusqu'à un volume déterminé, de manière à savoir quelle

quantité de la liqueur il conviendra de prendre pour avoir un poids donné de bismuth.

La solution d'hyposulfite pourrait se faire avec de l'hyposulfite de sodium du commerce, en gros cristaux, qui sont d'une pureté suffisante. Mais il peut y avoir inconvénient, pour différentes expériences, à introduire un sel de sodium dans la liqueur où l'on veut doser le potassium, soit parce qu'on peut avoir à chercher aussi le sodium ultérieurement, soit parce que le sel de sodium est difficile à éliminer d'une façon complète et peut fausser le dosage du potassium, s'il se fait par pesée. Je préfère employer l'hyposulfite de calcium, que l'on peut avoir en cristaux assez purs dans le commerce, sans trace de métaux alcalins et qui présente un double avantage : d'une part, il sera facile d'éliminer la chaux par le carbonate d'ammonium, si l'on veut procéder ensuite au dosage pondéral des deux métaux alcalins ; d'autre part, la chaux du réactif tendra à former, en présence des sulfates, s'il y en a dans la solution à analyser, un précipité de sulfate de calcium insoluble dans l'alcool, et l'on obtiendra plus aisément ainsi la précipitation totale de la potasse à l'état d'hyposulfite double.

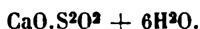
A défaut de ce sel, pour éviter qu'une partie de la potasse soit précipitée par l'alcool à l'état de sulfate, il conviendrait d'ajouter d'avance un peu de solution concentrée de chlorure de calcium, dans le but de se débarrasser des sulfates. On pourrait encore éliminer les sulfates au moyen du chlorure de baryum et ensuite le sel soluble de baryum par le carbonate d'ammonium ; on chasserait ce dernier sel par ébullition, avant de concentrer et d'introduire les réactifs pour la précipitation de la potasse.

Lorsqu'on veut employer l'hyposulfite de calcium, il faut s'assurer qu'il est en bon état de conservation ; la présence de quelques traces des eaux mères, où il a cris-

tallisé, détermine souvent une altération plus ou moins lente des cristaux, qui cessent d'être transparents et passent au blanc jaunâtre ; ils contiennent alors du soufre et du sulfite de calcium. Il ne faut pas employer les cristaux ainsi altérés, qui donneraient de très mauvais résultats.

On peut retarder, sinon éviter tout à fait, cette altération, en écrasant grossièrement les cristaux et les séchant entre deux feuilles de papier buvard, puis faisant cristalliser de nouveau ; ou bien on peut, après les avoir essuyés et pesés, les dissoudre dans l'eau ; cette solution se conserve assez longtemps dans une fiole fermée.

La composition des cristaux est exprimée par la formule :



$$CaO.S^2O^2 + 6H^2O.$$

La formule de l'hyposulfite double, donnée plus haut, montre que 3 molécules de potasse exigent 6 molécules d'acide hyposulfureux et, par conséquent, 6 molécules d'hyposulfite de calcium.

Il est facile de calculer que, quelle que soit la nature du sel de potassium, 1 partie de ce sel ne demandera jamais plus de 4 parties d'hyposulfite de calcium ; d'autre part, l'élimination de l'acide sulfurique à l'état de sulfate de calcium n'en exigerait guère que la moitié dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire si l'on avait affaire à du sulfate de sodium. Il suffira donc, dans tous les cas, de 4 parties d'hyposulfite de calcium pour 1 partie du sel à analyser.

Quant au sel de bismuth, il doit être en léger excès par rapport à l'hyposulfite, afin de le transformer entièrement en hyposulfite double ; il est d'ailleurs nécessaire que la transformation soit intégrale, pour que l'addition d'alcool ne produise pas un précipité d'hyposulfite simple (de sodium ou de calcium). Pour 4 parties d'hyposulfite de calcium, il suffirait strictement de 1 partie et demie de

sous-nitrate de bismuth, supposé pur avec la composition $Bi^2O^3.Az^2O^5$; cette composition n'étant pas toujours exactement celle du réactif, il conviendra d'en prendre à peu près 2 parties. Si l'on prépare le réactif en partant du bismuth métallique, il faudra employer environ 1 partie 1/4 de métal.

En résumé, si l'on veut employer des volumes égaux des deux réactifs, ce qui est commode pour éviter des erreurs par inattention, on préparera :

1° La dissolution alcoolique de chlorure de bismuth en prenant 20 grammes de sous-nitrate, traitant par le moins possible d'acide chlorhydrique, chauffant, puis laissant refroidir et ajoutant de l'alcool à 95° jusqu'à former 100 centimètres cubes de liqueur ;

2° La dissolution aqueuse d'hyposulfite de calcium en dissolvant dans l'eau 40 grammes de ce sel et formant de même 100 centimètres cubes.

On les conservera dans deux fioles distinctes, bouchées à l'émeri et dont le col soit assez gros pour laisser passer aisément la tige d'une pipette graduée. On devra, bien entendu, employer deux pipettes différentes pour les deux réactifs.

2° **Dosage pondéral.** — On prendra pour une expérience $0^{gr},50$ du sel à essayer ou la portion correspondant à $0^{gr},50$ d'une solution faite sur 10, 20 ou 30 grammes de ce sel, afin d'avoir une moyenne plus sûre. La dissolution sera concentrée doucement jusqu'à ne pas dépasser le volume de 5 centimètres cubes.

Après refroidissement on y verse un mélange, fait au moment même, de 5 centimètres cubes de la solution de bismuth et 5 centimètres cubes de la solution d'hyposulfite. Si la solution est neutre, on pourra, sans inconvénient, verser d'abord ce dernier réactif et ensuite le sel de bismuth.

On agite un peu pour mélanger les liqueurs, puis on verse environ 100 centimètres cubes d'alcool à 95° et on secoue la fiole assez vivement. Il se forme un précipité jaune, qui peut être mélangé d'un précipité blanc de gypse, si le sel renfermait des sulfates. On laisse déposer, après avoir fait couler un peu d'alcool sur les parois de la fiole.

Après une demi-heure au plus, le précipité étant bien rassemblé, on décante le liquide clair sur un filtre uni ; on lave par décantation avec 25 ou 30 centimètres cubes d'alcool ; on fait passer le précipité sur le même filtre et on achève le lavage avec de l'alcool au même titre, en éliminant chaque fois le liquide par succion, ce qui n'exige pas plus de 30 centimètres cubes d'alcool.

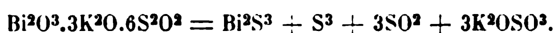
Il est bon de ne pas exagérer le volume du liquide de lavage, parce que le précipité n'y est pas absolument insoluble. La perte serait d'autant plus notable qu'on aurait employé de l'alcool moins concentré et une liqueur plus acide au début.

On ne doit point chercher à sécher le précipité et à le peser pour calculer la potasse, d'abord parce qu'il est trop altérable pour subir une dessiccation bien complète, puis parce qu'il peut être mêlé d'autres substances, notamment de sulfate de calcium et d'autres sels peu solubles dans l'alcool. On le dissout encore humide dans de l'eau distillée froide, lancée sur le filtre au moyen d'une fiole à jet. Le liquide est reçu, au-dessous du filtre, dans la fiole qui a servi à la précipitation et dont les parois sont, en général, restées colorées par quelques traces du précipité jaune ; s'il est trouble, on le fait passer une seconde fois sur le même filtre, qu'on lave avec un peu d'eau pure.

On peut faire le dosage pondéral dans la liqueur aqueuse, soit en précipitant et pesant le *sulfure de bismuth*, soit en isolant et pesant le *sulfate de potassium*.

a) On précipite le bismuth par du sulfure d'ammonium, on laisse déposer, on reçoit le sulfure de bismuth sur un filtre taré, on lave à l'eau pure, on sèche à 100° et on pèse à deux ou trois reprises, en prenant pour exact le moindre des poids trouvés (à cause de la légère oxydation qui peut se produire sur le sulfure de bismuth). On le multiplie par le coefficient 0,5470 (représentant la valeur du rapport $\frac{K^2O}{Bi^2S^3}$), pour avoir le poids de potasse correspondant.

b) Pour arriver à doser la potasse sous forme de sulfate, on chauffe à 100° la dissolution aqueuse de l'hyposulfite double ; elle se décompose en abandonnant du sulfure de bismuth et du soufre :



$$Bi^2O^3.3K^2O.6S^2O^2 = Bi^2S^3 + S^3 + 3SO^2 + 3K^2OSO^3.$$

La dissolution filtrée contient la potasse à l'état de sulfate, mais peut-être aussi un peu de sulfate de calcium et des traces de sel de bismuth ; on la fait bouillir avec un léger excès d'ammoniaque et de carbonate d'ammonium, puis on filtre, on évapore à sec et on calcine jusqu'au rouge vif dans un creuset de platine taré. L'augmentation de poids donne le sulfate de potassium neutre ; la potasse se calcule en multipliant par le rapport $\frac{K^2O}{K^2OSO^3}$ ou 0,5408.

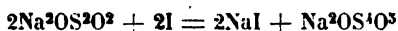
Ces deux procédés de dosage donnent de très légères différences : le premier est ordinairement un peu au-dessus de la vérité et le second un peu au dessous, comme cela s'explique aisément en analysant les causes d'erreur des deux opérations ; mais les différences ne dépassent pas quelques millièmes et l'on a, en quelque sorte, deux limites, supérieure et inférieure, qui enserrent de près le chiffre exact.

Dans le cas où la matière à analyser renfermerait de la

soude et où l'on ne se contenterait pas de la doser par différence, on pourrait en faire la recherche dans la dissolution alcoolique par un procédé semblable à celui qui vient d'être indiqué en dernier lieu pour la potasse ; elle serait alors pesée à l'état de sulfate de sodium, après séparation des carbonates de bismuth et de calcium.

3° **Dosage volumétrique.** — Le dosage volumétrique est fondé sur la détermination de l'acide hyposulfureux dans le sel double de bismuth et de potassium.

Il est imité de celui qu'on emploie pour les hyposulfites alcalins, c'est-à-dire sur l'emploi d'une liqueur titrée d'iode, que l'on verse dans la solution neutre en présence d'empois d'amidon, jusqu'à ce que l'on voie se produire d'une manière persistante la coloration bleue de l'iodure d'amidon :



$$2Na^2OS^2O^2 + 2I = 2NaI + Na^2OS^4O^5$$

Si l'on opère de même sur une solution neutre d'hyposulfite double de potassium et de bismuth, on observe un phénomène accessoire, qui entrave le dosage.

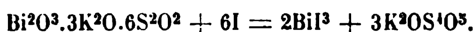
Lorsque la solution est neutre et très étendue (300 à 400 centimètres cubes), l'addition progressive de l'iode détermine un trouble jaune brun, dû à la formation d'un oxyiodure de bismuth ; ce trouble augmente peu à peu. Lorsque la solution est neutre et concentrée (40 à 50 centimètres cubes, l'addition d'iode la fait jaunir d'abord et produit un trouble brun foncé et un dépôt d'iodure de bismuth. Les deux précipités jaune et brun foncé se produisent simultanément, lorsque la dilution est intermédiaire (200 centimètres cubes, par exemple).

Dans ces conditions le dosage volumétrique par l'iode serait inexact, le réactif étant en partie employé à la formation du précipité. Aussi ai-je, dès le principe, recommandé d'acidifier légèrement la solution, pour empêcher

la précipitation d'un composé bismuthique. On y réussit en versant, au début, dans la solution étendue à 200 ou 300 centimètres cubes, quelques gouttes d'acide chlorhydrique dilué, et répétant une ou plusieurs fois cette addition de quelques gouttes d'acide, si la liqueur vient à se troubler, ce qui peut arriver lorsque la quantité de sel de potassium et de bismuth est un peu grande. Mais il importe que la solution soit assez étendue pour que l'acide ne risque de produire aucune décomposition sur l'hyposulfite.

M. L. de Koninck a bien voulu me suggérer (en mai 1897) une variante que j'ai aussitôt essayée avec succès ; elle consiste à n'employer qu'une goutte d'acide chlorhydrique et à ajouter une suffisante quantité d'iodure de potassium, qui maintient en dissolution l'iodure de bismuth en formant avec lui un sel double ; la solution, primitivement presque incolore, prend aussitôt une teinte jaune, qui ne varie plus d'une manière sensible par l'addition d'iode.

Lorsque l'on verse peu à peu, dans la solution ainsi préparée, la liqueur titrée d'iode, la teinte passe brusquement du jaune au brun vert, aussitôt que l'iode a achevé la transformation de l'hyposulfite en tétrathionate, suivant la formule :



$$Bi^2O^3.3K^2O.6S^2O^2 + 6I = 2BiI^3 + 3K^2OS^4O^5.$$

Un atome d'iode correspond à 1 atome de potassium, ou 127 du premier à 39,11 du second (47,11 d'oxyde de potassium).

Le phénomène est très net, soit à la clarté du jour, soit à la lumière artificielle. La teinte d'un brun vert résulte du mélange de la couleur jaune de la solution bismuthique avec le bleu de l'iodure d'amidon.

La solution titrée d'iode peut se préparer en dissolvant dans un peu d'eau $\frac{1}{10}$ d'équivalent ou 12^{gr},7 d'iode pur et

sec, au moyen de 18 grammes environ d'iodure de potassium, et ajoutant de l'eau jusqu'à 1 litre exactement ; on aura ainsi la *liqueur décime* d'iode, employée à de nombreux dosages dans les laboratoires, qui ont à faire des analyses variées ; chaque centimètre cube correspondra à $0^{gr},004711$ de potasse.

Si l'on veut que les centimètres cubes de cette liqueur donnent immédiatement, sans calcul, les centièmes de potasse dans le sel à essayer, il suffira de prendre pour l'expérience $0^{gr},4711$ de ce sel.

Dans un laboratoire organisé pour faire très fréquemment des essais de potasse, comme les laboratoires agronomiques ou industriels, on pourra préparer la liqueur titrée avec $13^{gr},48$ d'iode sublimé pour 1 litre et prendre, pour chaque essai, une quantité de sel égale à $0^{gr},50$.

Chaque demi-centimètre cube de liqueur titrée d'iode correspondra à 1 centième de potasse dans le sel, et chaque demi-division de la burette à $\frac{1}{1000}$.

S'il arrive à l'opérateur d'aller trop vite et de verser trop de liqueur titrée, il aura la faculté, comme dans le dosage des hyposulfites simples, de faire disparaître la coloration verte en introduisant quelques gouttes d'une solution titrée d'hyposulfite de sodium, exactement correspondante à celle d'iode, c'est-à-dire contenant, par litre, soit $24^{gr},80$, soit $26^{gr},32$ de sel cristallisé ($Na^2OS^2O^2 + 5H^2O$), suivant qu'il emploiera la première ou la seconde des dissolutions d'iode indiquées plus haut.

On peut aussi terminer l'essai par la décoloration exacte au moyen de l'hyposulfite et retrancher du volume d'iode employé celui de l'hyposulfite ajouté ensuite. Cette manière d'opérer permet d'aller plus vite pour l'addition de l'iode ; elle donne une évaluation très légèrement inférieure à la précédente. On aura le meilleur résultat en les combinant ensemble.

En résumé, la détermination volumétrique de la potasse se fera de la manière suivante.

Nous supposerons qu'on ait à l'avance les deux réactifs spéciaux, dont j'ai donné plus haut la préparation : chlorure de bismuth et hyposulfite de calcium.

On prend $0^{gr},50$ du sel à essayer et on dissout dans 5 à 6 centimètres cubes d'eau distillée, ou plutôt on dissout 20 grammes du sel dans l'eau, on étend jusqu'à 100 centimètres cubes, on mélange bien et on mesure exactement 5 centimètres cubes du liquide.

On y mêle, si elle est neutre, 10 centimètres cubes de la solution d'hyposulfite et 10 centimètres cubes de la solution de bismuth, puis 150 centimètres cubes d'alcool à 95 centièmes, et on agite aussitôt la fiole.

Si la liqueur à essayer est acide et si elle contient des sulfates, il convient d'y ajouter d'abord un peu de carbonate de calcium pur, afin de la neutraliser en partie et de faire commencer le dépôt de gypse. On la concentre par évaporation jusqu'à un volume de 5 à 6 centimètres cubes. On y verse ensuite le mélange fait à part de 5 centimètres cubes de la solution de bismuth et de 5 centimètres cubes de la solution d'hyposulfite, puis 100 centimètres cubes d'alcool, et on agite vivement.

On lave les parois de la fiole avec quelques gouttes d'alcool et on laisse déposer pendant une demi-heure.

On décante sur un petit filtre uni, de 6 ou 8 centimètres de diamètre, et on filtre en s'aidant d'un appareil à succion.

On lave la fiole à trois reprises, avec une quantité d'alcool suffisante pour remplir le filtre, et on procède de même par succion.

On replace l'entonnoir sur la première fiole, qui peut retenir un peu du précipité adhérent aux parois ; on y verse de l'eau avec une pissette, jusqu'à ce qu'il ne reste plus aucune partie du précipité jaune ; on fait repasser le

liquide, s'il est trouble, sur le même filtre et on étend d'eau pure jusqu'à 200 centimètres cubes.

La solution est versée dans un verre à fond plat ; on y ajoute quelques centimètres cubes d'empois d'amidon et un peu d'iodure de potassium (2 grammes environ) en dissolution ; on procède aussitôt à l'addition de la liqueur titrée. Si un léger trouble se manifeste, une seule goutte d'acide chlorhydrique le fera disparaître.

Dans la première moitié on verse la solution d'iode (à $13^{gr},48$ par litre) jusqu'à ce que l'on soit arrivé à la coloration vert sombre ; on lit le volume employé. On fait disparaître la coloration verte par la solution d'hyposulfite de sodium (à $26^{gr},32$ par litre), versée avec précaution et sans excès. On en lit le volume, qu'on retranche du premier. On a, par différence, n divisions de la burette.

On fait, en même temps, comme contrôle, une seconde opération toute semblable ; mais, pour le dosage volumétrique, on termine autrement ; on verse rapidement un volume de la solution d'iode presque égal à n et on continue avec précaution jusqu'à apparition de la coloration verte persistante ; on lit n' divisions.

La différence $n' - n$ exprime l'écart entre les deux façons d'opérer, pour $0^{gr},50$ de matière ; elle est ordinairement insignifiante.

La somme $n + n'$, s'appliquant à 1 gramme, donne immédiatement le nombre des millièmes de potasse dans la substance à essayer.

Cette méthode permet d'apprécier rapidement et avec une exactitude très satisfaisante la proportion de potasse dans les différentes substances naturelles ou artificielles, solubles par elles-mêmes ou rendues solubles par un traitement préalable.

Elle n'est entravée, ni par la présence de chlorures, de nitrates, de phosphates, de sulfates, ni par celle de sels de sodium, de lithium, d'ammonium, de calcium, de

magnésium, de fer, de manganèse, en un mot par aucune des substances qui se rencontrent plus ou moins fréquemment avec les sels potassiques.

J'ai mentionné plus haut les réserves à faire pour les alcalis rares, oxydes de cœsium et de rubidium, et pour les terres alcalines précipitables par les hyposulfites, la baryte et la strontiane.

VI

Recherche microchimique des minéraux potassiques dans les roches.

Il y a souvent grand intérêt, dans l'examen des roches et, en particulier, des roches cristallines, à pouvoir déterminer avec certitude, sur une plaque mince, la présence des minéraux qui renferment du potassium, notamment des feldspaths orthose et microcline dans les roches anciennes, de la sanidine et de la leucite dans les roches volcaniques, etc.

Les beaux travaux de pétrographie, qui se sont multipliés depuis quelques années, ont donné le moyen d'arriver à cette détermination par l'étude des propriétés optiques des minéraux ; mais l'opération est souvent encore extrêmement délicate.

On peut trouver dans l'examen microchimique des lames minces un précieux auxiliaire, en cherchant à former, à la surface des minéraux, ou du chlorure double de potassium et de platine, ou, mieux encore, de l'hyposulfite double de potassium et de bismuth.

On procèdera de la façon suivante :

La plaque mince à étudier est posée sur une petite bande de platine reposant sur les bords d'un creuset de platine, où l'on produit des vapeurs d'acide fluorhydrique (en chauffant une solution de cet acide ou un mélange de spath fluor et d'acide sulfurique).

Après quelques minutes d'exposition à ce réactif, on le

soumet de la même manière à des vapeurs un peu abondantes d'acide sulfurique, dégagées dans le fond d'un creuset de platine.

La plaque se trouve ainsi attaquée superficiellement, sans que les sulfates formés aient quitté la surface des minéraux, qui les ont fournis.

La plaque mince est alors fixée, au moyen de baume de Canada, sur une petite lame de verre et plongée pendant un quart d'heure dans le réactif destiné à développer la coloration caractéristique du sel de potassium.

Ce réactif se prépare en mêlant, peu de temps avant l'emploi, 1 centimètre cube de solution alcoolique de bismuth et 1 centimètre cube de solution aqueuse d'hyposulfite de calcium avec 50 centimètres cubes d'alcool à 95 centièmes. On forme la première en dissolvant 1 gramme de sous-nitrate de bismuth dans quelques gouttes d'acide chlorhydrique, évaporant doucement, laissant refroidir et mêlant avec 10 centimètres cubes d'alcool concentré ; la seconde, en dissolvant 2 grammes d'hyposulfite de calcium dans 10 centimètres cubes d'eau pure.

Le sulfate de potassium, formé par l'attaque superficielle d'un minéral potassique, se transforme en sulfate de calcium blanc et hyposulfite jaune de potassium et de bismuth ; les minéraux non potassiques restent intacts ou se recouvrent seulement de sulfate de calcium blanc.

Lorsqu'on retire la lame de la solution alcoolique, au bout de quinze ou vingt minutes, et qu'on l'examine à la loupe ou, mieux encore, au microscope, on aperçoit des plages devenues entièrement jaunes par le dépôt d'hyposulfite double ; d'autres sont striées de jaune ; d'autres encore sont blanches ou inaltérées. La présence du minéral potassique est ainsi accusée avec une netteté et une sensibilité bien supérieures à celles que donne l'emploi du chlorure de platine.

VII

Dosage de la lithine dans les eaux minérales (*).

La présence du lithium a été constatée dans un assez grand nombre d'eaux minérales, particulièrement dans les eaux riches en chlorures ou en carbonates alcalins. Son dosage présente une certaine importance à raison des propriétés thérapeutiques qu'on s'accorde à lui attribuer. Mais les procédés suivis pour opérer ce dosage laissaient encore beaucoup à désirer, les uns à cause de leur peu d'exactitude, les autres à cause de la complication et de la longueur des opérations analytiques.

A l'occasion de l'analyse de quelques eaux minérales françaises, j'ai cherché une nouvelle méthode, qui a été employée plusieurs fois depuis au Bureau d'essai de l'École des Mines et qui a paru donner des résultats bien meilleurs que les méthodes antérieures. Je vais la décrire après avoir précisé l'état de la question.

Le spectroscope fournit les indications les plus précieuses pour la recherche qualitative de la lithine, à cause de l'extrême sensibilité de la réaction. Les sels de lithium, même à l'état de très grande dilution, donnent dans la flamme de Bunsen une raie très vive dans le rouge ($\lambda = 670,8$) et une autre raie beaucoup moins visible dans l'orangé ($\lambda = 610,4$).

La comparaison de l'intensité des raies peut même faire reconnaître avec quelque approximation la proportion de lithium contenue dans une eau, si toutefois cette proportion est très faible, inférieure à 10 ou au plus 15 milligrammes par litre d'eau. C'est sur cette comparaison qu'est fondé le procédé employé par Truchot pour la

(*) *Académie des Sciences*, 23 et 30 juillet 1888.

détermination rapide de la lithine dans les eaux et dans les terres de la Limagne. L'approximation devient insuffisante pour les eaux minérales plus riches en sel de lithium et où cet élément peut jouer un rôle important.

Dans ce cas, il est nécessaire de concentrer le lithium à l'état de chlorure avec une petite fraction des autres chlorures alcalins par des opérations préliminaires ; on procède ensuite au dosage du lithium par voie directe ou indirecte.

Le dosage direct se fait en précipitant le lithium à l'état de phosphate tribasique en présence d'un excès de soude caustique à l'ébullition (Mayer) ; mais le précipité, bien que lavé à l'eau ammoniacale, retient une certaine quantité de soude (Rammelsberg) et ne peut être purifié que par des opérations longues et minutieuses (Frésénius).

Le dosage indirect s'obtient en fixant aussi exactement que possible le poids total des chlorures alcalins, puis celui du chlore et celui du potassium, et calculant ensuite les proportions du lithium et de sodium. Les opérations sont longues et le calcul laisse toujours de l'incertitude ; il donne des résultats erronés, si le mélange renferme du chlorure de magnésium, même en petite quantité, comme cela arrive presque toujours dans l'examen des eaux minérales.

La méthode que j'ai employée est une méthode directe fondée sur la différence de solubilité des fluorures alcalins et consistant à précipiter le lithium à l'état de fluorure, que l'on convertit ensuite en sulfate.

Le fluorure de potassium est très soluble dans l'eau, ainsi que ceux de cœsium et de rubidium ; beaucoup moins soluble que ceux-ci, le fluorure de sodium ne demande encore, pour se dissoudre, que 25 parties d'eau froide (Fremy).

J'ai trouvé pour le fluorure de lithium une solubilité beaucoup moindre : 1 partie de ce sel récemment précipité et

encore humide exige, à la température ordinaire, environ 800 parties d'eau pure ou 1.900 parties d'un mélange, à volumes égaux, d'eau et d'ammoniaque. L'addition d'un peu de fluorure d'ammonium diminue encore la solubilité (sans doute en faisant obstacle à la dissociation du fluorure alcalin, que les expériences de M. Berthelot ont montrée si facile) ; car elle se réduit alors à $\frac{1}{2100}$ dans l'eau, $\frac{1}{3000}$ dans un mélange de $\frac{3}{4}$ eau et $\frac{1}{4}$ ammoniaque et $\frac{1}{3500}$ dans un mélange d'eau et d'ammoniaque à volumes égaux. Or ce dernier liquide dissout encore $\frac{1}{68}$ de son poids de fluorure de sodium.

On peut profiter de cette différence pour isoler le sel de lithium, mais à la condition d'opérer dans une quantité de liquide assez faible, pour que la perte de lithium soit à peine sensible, et en présence d'une quantité de sel de sodium qui ne soit pas trop grande, afin d'éviter qu'il se fasse aucun dépôt de fluorure de sodium.

Le fluorure d'ammonium, dont je me sers comme réactif, se trouve dans le commerce ; mais il est indispensable de le purifier, parce qu'il renferme du fluosilicate en quantité notable. On dissout quelques grammes du sel dans un petit volume d'eau, on ajoute un volume double d'ammoniaque, on porte à l'ébullition pendant quelques secondes, puis on laisse refroidir, on filtre et on lave à l'ammoniaque. La silice se trouve ainsi éliminée et l'on a le fluorure en solution ammoniacale assez concentrée, que l'on conserve soit dans un creuset de platine couvert, soit dans un vase fermé en verre, où il peut rester plusieurs jours sans produire aucune attaque du silicate.

Supposons que l'on ait en solution quelques décigrammes au plus d'un sel de lithium avec des quantités comparables

d'autres sels alcalins ou du moins des quantités ne dépassant pas dix ou quinze fois celle du premier. On opérera de la façon suivante :

La solution est réduite à quelques centimètres cubes dans une capsule de platine tarée ; on y verse le fluorure d'ammonium et un excès d'ammoniaque, jusqu'à un volume de 15 à 20 centimètres cubes, proportionné à la quantité de sels. On mélange bien et on laisse reposer. Il se fait un précipité blanc, peu visible, assez gélatineux, de fluorure de lithium, qui adhère, en partie du moins, au fond de la capsule. Le lendemain, il est bien complet ; on décante la presque totalité du liquide sur un très petit filtre, on le remplace par quelques centimètres cubes d'eau ammoniacale avec fluorure d'ammonium, on agite avec la spatule de platine et on laisse déposer. Bientôt après on peut faire une seconde, puis une troisième décantation et laver le filtre avec quelques gouttes du même réactif. On enlève ainsi tous les sels alcalins solubles et l'on a, partie sur le filtre, partie dans la capsule, tout le sel de lithium imprégné seulement d'ammoniaque et de fluorure d'ammonium.

On chasse les matières volatiles en chauffant très légèrement, on brûle le filtre, on traite les cendres par quelques gouttes d'acide sulfurique étendu et l'on réunit tout le liquide dans la capsule tarée. On évapore et calcine doucement jusqu'à disparition complète des vapeurs d'acide sulfurique et l'on pèse le sulfate neutre de lithium.

Pour tenir compte de la solubilité du fluorure de lithium dans le liquide ammoniacal, on mesure le volume total de liquide filtré (variant en général entre 30 et 50 centimètres cubes). D'après les résultats cités plus haut et en remarquant que les eaux de lavage sont restées peu de temps en contact avec le précipité, on peut admettre que 7 centimètres cubes du liquide renferment sensiblement 2 milligrammes de fluorure de lithium, cor-

respondant à peu près à 4 milligrammes de sulfate ou à 1 milligramme de lithine. On ajoute la quantité ainsi calculée à celle qui a été pesée directement.

Je citerai quelques résultats obtenus dans les expériences synthétiques, que j'ai faites pour préciser les conditions du dosage.

En opérant sur un mélange de 0gr,100 de carbonate de lithium, 0gr,300 de carbonate de sodium, 0gr,300 de nitrate de potassium et formant des nitrates, puis des fluorures, j'ai trouvé 0gr,148 de sulfate de lithium (calculé : 0gr,1486).

Sur 0gr,050 de carbonate de lithium, 0gr,350 de carbonate de sodium, 0gr,450 de chlorure de potassium et formant des chlorures, j'ai obtenu 0gr,075 de sulfate de lithium (calculé : 0gr,0743).

0gr,030 de CO^3Li^2 ; 0gr,120 de CO^3Na^2 et 0gr,060 de AzO^3K ont donné 0gr,045 de SO^4Li^2 (calculé : 0gr,0446).

0gr,100 de CO^3Li^2, 0gr,200 de Co^3Na^2 et 0gr,200 de KCl ont donné 0gr,1475 de SO^4Li^2 (calculé : 0gr,1486).

Ces résultats sont évidemment très satisfaisants; les opérations sont assez simples; enfin la méthode présente cet avantage accessoire de ne laisser que des sels facilement volatils avec les sels de potassium et de sodium, en sorte que l'on peut, sans difficulté, continuer la séparation des alcalis sur le liquide filtré.

Dans les eaux minérales, la proportion de lithium est toujours extrêmement faible en comparaison de celle des autres métaux alcalins et principalement du sodium. Une première opération est donc nécessaire pour concentrer le sel de lithium en éliminant la plus grande partie possible des autres sels. C'est sur le produit de cette concentration que s'effectuera ensuite le dosage du lithium. J'indiquerai sommairement la marche à suivre.

On mesure un volume d'eau qui peut varier depuis

1 litre jusqu'à 10 litres suivant la teneur présumée en lithium ; on le réduit par évaporation et l'on se débarrasse successivement des carbonates alcalino-terreux et de l'oxyde de fer, de la silice, de l'acide sulfurique, de la magnésie, de la baryte et de la chaux, enfin des sels ammoniacaux, en ayant soin de vérifier par le spectroscope qu'aucun des précipités formés ne retient de lithium. On arrive ainsi à n'avoir en dissolution que les chlorures alcalins seuls ou accompagnés de quelques traces de chlorure de magnésium.

Cette dissolution, légèrement acidifiée, est évaporée doucement, jusqu'à ce que les sels commencent à se déposer ; on agite alors constamment avec la spatule de platine, de manière à n'avoir qu'une poudre cristalline fine et facile à laver. On arrête avant siccité et l'on mêle avec de l'alcool à $\frac{90}{100}$ environ ; on triture avec le pilon et on laisse digérer quelque temps, puis on filtre et on essore à la trompe. On enlève ainsi une grande partie des chlorures alcalins et on vérifie au spectroscope qu'ils ne renferment pas de lithium. L'alcool est distillé ; le résidu salin qu'il laisse est redissous dans un peu d'eau avec deux ou trois gouttes d'acide chlorhydrique, puis évaporé et traité, encore humide, par de l'alcool concentré. On reçoit sur un filtre, on essore et on lave avec l'alcool seul d'abord, puis additionné d'éther, qui dissout les dernières parties de chlorure de lithium ; on s'assure qu'il n'en reste pas dans le mélange salin, après qu'il a été essoré. On distille l'alcool éthéré et l'on n'a plus, avec le chlorure de lithium, qu'une faible proportion des autres chlorures alcalins.

On applique à ce mélange la méthode de dosage du *lithium*, exposée ci-dessus, que je résumerai en peu de mots : on dissout dans 15 ou 20 centimètres cubes d'eau, on ajoute un égal volume d'ammoniaque et un peu de fluorure d'ammonium en solution ammoniacale. Après plu-

sieurs heures de repos, on décante sur un très petit filtre (purifié par lavage à l'acide chlorhydrique et à l'acide fluorhydrique). On lave deux fois avec de petits volumes des mêmes réactifs. On mesure le liquide filtré, et l'on peut estimer qu'il tient en dissolution 1 milligramme de fluorure de lithium pour $3^{cc},5$ de liquide, quantité dont on tiendra compte dans le calcul.

On calcine faiblement le précipité, pour chasser l'ammoniaque et le fluorure d'ammonium, et l'on pèse ; puis on transforme le fluorure en sulfate, que l'on pèse à son tour dans la même capsule.

Le poids du sulfate doit être un peu plus que double de celui du fluorure, s'il n'y a pas d'autre métal que le lithium. Il y a là un moyen de contrôle des plus précieux ; car les autres métaux alcalins conduiraient à un rapport très différent. On a en effet :

$$\frac{SO^4Li^2}{2LiFl} = 2,115 ; \qquad \frac{SO^4Na^2}{2NaFl} = 1,69 ; \qquad \frac{SO^4K^2}{2KFl} = 1,50.$$

On peut donc être assuré que la séparation est bien faite et qu'on a un sel de lithium pur, si le rapport du sulfate au fluorure est très voisin de 2,115. Si le rapport est sensiblement différent, on devra attribuer le désaccord à la présence de sel de sodium ; car la faible proportion relative du potassium dans le mélange et la grande solubilité de son fluorure ne permettent pas de supposer qu'il en soit resté avec le fluorure de lithium. On fera la rectification en dissolvant les sulfates dans quelques centimètres cubes d'eau, précipitant de nouveau le lithium à l'état de fluorure et terminant comme la première fois.

Après la séparation des fluorures insolubles, le liquide ammoniacal filtré ne renferme que les métaux alcalins autres que le lithium. On peut les y rechercher par les méthodes connues, après avoir expulsé l'ammoniaque et le fluorure d'ammonium.

J'ai dit plus haut que, souvent, la solution alcoolique des chlorures renferme une petite quantité de *magnésium*, que l'on n'a pas réussi à éliminer complètement. J'ai dû me préoccuper de la présence de cet élément pour l'exactitude des dosages. Je me suis assuré que le magnésium est intégralement précipité à l'état de fluorure dans les conditions qui ont été reconnues les plus favorables pour le dosage du lithium. Les deux sels sont transformés en sulfates, pesés et dissous dans 40 ou 50 centimètres cubes d'eau ; on ajoute du sel ammoniac, de l'ammoniaque et du phosphate d'ammonium, afin de précipiter le magnésium qu'on dose à l'état de pyrophosphate. On calcule le poids correspondant de sulfate de magnésium et on le retranche du poids total des sulfates pour avoir celui du sulfate de lithium.

Les expériences de contrôle que j'ai faites sur des mélanges de sels de lithium, de magnésium, de sodium et de potassium m'ont donné des résultats très satisfaisants.

Je crois intéressant de présenter, à cette occasion, l'analyse de quatre sources minérales du département de la Côte-d'Or, dont la teneur en sels de lithium est exceptionnelle et où la recherche de cet élément a été faite en suivant la méthode précédente.

I. *Fontaine salée du hameau de Maizières*, vallée de l'Arroux, commune de Magnien, canton d'Arnay-le-Duc, arrondissement de Beaune (1888).

II et III. *Source Lithium, de Santenay*, canton de Nolay, arrondissement de Beaune (captages de 1880 et de 1894).

IV. *Source Carnot, de Santenay* (1896).

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE POUR 1 LITRE.

	SOURCE de MAIZIÈRES (1888)	SOURCE LITHIUM (1880)	SOURCE LITHIUM (1894)	SOURCE CARNOT (1896)
	gr	gr	gr	gr
Acide carbonique libre...	»	0,1286	0,0290	0,0062
— des bicarbonates...	0,2086	0,1870	0,2120	0,2274
— chlorhydrique......	2,1828	3,4330	3,6100	3,6021
— sulfurique.........	0,0312	1,8538	1,8285	1,8158
Silice....................	0,0260	0,0345	0,0165	0,0165
Protoxyde de fer.........	0,0072	0,0067	0,0049	0,0030
Chaux....................	0,3290	0,4648	0,5920	0,4984
Magnésie.................	0,0208	0,0576	0,0418	0,0460
Soude....................	1,4680	3,7310	3,8112	3,8606
Potasse..................	0,1605	0,1233	0,1109	0,1134
Lithine..................	0,0240	0,0310	0,0309	0,0330
Matières organiques......	traces	traces	traces	traces
	4,4581	10,0513	10,2875	10,2224
Résidu fixe (pris à 180°)...	3,6440	8,9800	9,2890	9,2640

GROUPEMENT HYPOTHÉTIQUE DES ÉLÉMENTS.

	SOURCE de MAIZIÈRES (1888)	SOURCE LITHIUM (1880)	SOURCE LITHIUM (1894)	SOURCE CARNOT (1896)
	gr	gr	gr	gr
Acide carbonique libre....	»	0,1286	0,0290	0,0062
Silice....................	0,3260	0,0345	0,0165	0,0165
Bicarbonate de calcium...	0,3270	0,2926	0,3371	0,3663
— de fer........	0,0160	0,0149	0,0111	0,0066
Sulfate de calcium........	0,0530	0,8525	1,1194	0,8643
— de magnésium....	»	0,1725	0,1254	0.1380
— de sodium........	»	2,1962	1,9291	2,1574
Chlorure de calcium......	0,3565	»	»	»
— de magnésium..	0,0494	»	»	»
— de sodium......	2,7680	5,2313	5,5942	5,5038
— de potassium....	0,2540	0,1953	0,1755	0,1795
— de lithium......	0,0690	0,0874	0,0873	0,0935
Matières organiques......	traces	traces	traces	traces
	3,9189	9,2058	9,4246	9,3321

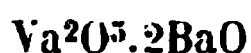
VIII

Séparation de la baryte et de la strontiane (*).

En étudiant les réactions des vanadates au point de vue analytique, j'ai reconnu que les vanadates de baryum et de strontium présentent des propriétés assez nettement différentes pour servir à une séparation exacte des deux bases.

Le vanadate de baryum est, en effet, bien insoluble à froid dans une solution légèrement ammoniacale, contenant une certaine quantité de sel ammoniac et de vanadate d'ammonium en excès, tandis que, dans les mêmes conditions, le vanadate de strontium reste entièrement dissous.

Le dépôt qui se forme, après ébullition et refroidissement, est un vanadate dibarytique :



$$Va^2O^5.2BaO$$

ou



$$Va^2O^7Ba^2.$$

Le dosage de la baryte pourrait se faire à cet état, le vanadate contenant, après calcination, 62,628 p. 100 de baryte; mais on éprouve quelque difficulté à recueillir le précipité. Formé à froid, il se filtre mal ; pour lui donner la cohésion nécessaire, il faut porter les liqueurs à l'ébullition et les refroidir ensuite, afin de rendre la précipitation plus complète; or, au bout de peu de minutes de chauffe, le dépôt blanc, d'abord finement grenu, s'agglomère en grains plus gros, qui se collent bientôt aux parois de la fiole et ne peuvent que difficilement ensuite être recueillis et pesés.

(*) *Académie des Sciences*, 20 juin 1887.

Je conseillerai donc de faire la séparation et le dosage des deux métaux de la manière suivante :

La dissolution contenant les sels de baryum et de strontium est additionnée de sel ammoniac, si elle n'en contient pas déjà, puis saturée par l'ammoniaque pure, exempte de carbonate ; elle doit rester bien limpide. On la chauffe, on y verse une solution étendue de vanadate d'ammonium et on fait bouillir quelques minutes. Le précipité de vanadate de baryum se forme aussitôt et se réduit en grains cristallins pesants, qui s'attachent aux parois.

On fait refroidir en plongeant la fiole dans l'eau froide après y avoir mis un bouchon pour empêcher l'action de l'acide carbonique de l'air sur la solution légèrement ammoniacale. On décante et on lave à l'eau froide.

Dans la liqueur on précipite le strontium par l'ammoniaque et le carbonate d'ammonium, en chauffant doucement, et on pèse après calcination le *carbonate de strontium*. Le dosage est ainsi plus facile et plus sûr que sous la forme de sulfate.

Quant au dépôt de sel barytique, il est redissous par l'acide chlorhydrique étendu et l'on fait le dosage à l'état de *sulfate de baryum*, suivant le procédé habituel.

Nota. — Si l'on a souvent recours à cette méthode, il peut y avoir intérêt à ne pas perdre le vanadium employé, à cause de son prix élevé. On peut facilement le recueillir isolé sous forme de vanadate de manganèse, en chauffant les dissolutions réunies, d'où l'on a séparé la baryte et la strontiane, saturant par l'ammoniaque en léger excès et précipitant par un sel soluble de manganèse ; après deux ou trois minutes d'ébullition, on fait refroidir, on reçoit sur un filtre et on sèche le vanadate de manganèse ; puis on le calcine avec du soufre ou dans un courant d'hydrogène sulfuré. Reprenant ensuite par l'acide chlorhydrique étendu de 15 ou 20 fois son volume d'eau, on dissout tout le manganèse et on laisse inattaqué le sulfure de vana-

dium, qui, grillé à l'air, fournit l'acide vanadique, pouvant être employé à régénérer le vanadate d'ammonium.

IX

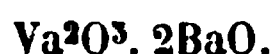
Dosage de l'acide vanadique par les sels de baryum, de manganèse ou d'uranium (*).

Pour doser le vanadium à l'état de sel insoluble, il convient, tout d'abord, d'amener le vanadate dissous à un état de combinaison bien défini.

Si l'acide vanadique se trouve dans une dissolution acide, il la colore en jaune. Vient-on à saturer cette dissolution à froid par l'ammoniaque, jusqu'à ce qu'elle ait une réaction franchement alcaline au papier de tournesol, la coloration jaune subsistera quelque temps et même deviendra d'abord plus intense qu'au début. Il semble se former un vanadate acide d'ammonium fortement coloré, lentement décomposable à froid, en présence d'un excès d'ammoniaque, et bien plus rapidement à chaud, la liqueur devenant incolore.

Après avoir été ramené à l'état de sel neutre, le vanadate d'ammonium pourra être précipité par un sel de baryum, de manganèse ou d'uranium.

1° Dans la liqueur colorée en jaune, l'azotate ou le chlorure de *baryum* donne naissance à un précipité jaune de composition mal définie, mélange de vanadates mono et dibarytiques. Après décoloration, au contraire, le précipité est blanc et répond exactement à la formule :



$$Va^2O^5 . 2BaO.$$

Il contient, après calcination légère, 37,372 p. 100 d'anhydride vanadique. Il faudra donc toujours ramener le

(*) *Académie des Sciences*, 20 et 27 juin 1887.

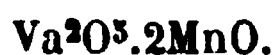
vanadate dissous à l'état de sel incolore par ébullition avec un léger excès d'ammoniaque avant d'opérer la précipitation.

Le précipité se forme bien à froid, mais alors il se laisse mal filtrer ; il convient donc d'opérer en liqueur chaude, en prolongeant peu de temps l'ébullition et en agitant sans interruption, pour que le précipité ne se colle pas aux parois de la fiole. On refroidit rapidement la liqueur en faisant tournoyer la fiole dans une terrine d'eau froide, on recueille le précipité et on pèse après calcination le vanadate dibaritique.

2° Pour doser à l'état de vanadate de *manganèse*, on ajoute à la solution vanadique un peu de sel ammoniac et d'ammoniaque en excès et on porte à l'ébullition. On y verse du chlorure ou du sulfate de manganèse mêlé de sel ammoniac et on entretient l'ébullition pendant deux ou trois minutes. La fiole doit répandre encore une faible odeur ammoniacale ; on la plonge dans l'eau froide, on la bouche et on attend que la liqueur se soit éclaircie, pour procéder à la filtration et au lavage avec de l'eau froide.

Le précipité est d'un jaune brunâtre ; c'est un vanadate dimétallique. Par dessiccation, il passe au brun clair, et par calcination, au brun rougeâtre.

Il renferme alors 56,25 p. 100 d'acide vanadique et répond à la formule :



$$Va^2O^5.2MnO.$$

On doit éviter une peroxydation du sel de manganèse, peroxydation qui se ferait aisément au contact de l'air en liqueur légèrement ammoniacale et qui se reconnaîtrait à l'existence de parties brunes mêlées au précipité jaune brunâtre. C'est pour ce motif que j'ai recommandé l'addition de sel ammoniac au sel de manganèse et l'obturation de la fiole pendant le refroidissement, de manière à évi-

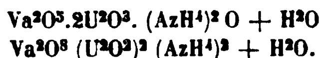
ter le contact de l'air jusqu'à ce que le précipité soit bien rassemblé.

3° Les sels d'*uranium* précipitent complètement l'acide vanadique, non seulement quand la liqueur est rendue ammoniacale, mais aussi en présence d'une faible quantité d'acide acétique libre, comme on sait qu'ils précipitent l'acide phosphorique et l'acide arsénique.

On neutralise presque entièrement par l'ammoniaque la solution supposée primitivement acide ; on y ajoute quelques grammes d'acétate d'ammonium et une quantité suffisante d'azotate d'uranium ; puis on porte à l'ébullition. Il se fait un précipité jaune, à peu près de même teinte que le sulfure d'arsenic.

On s'assure que le réactif est en excès, en prenant avec la baguette de verre une goutte du liquide et la déposant sur une assiette, en contact avec une goutte de ferrocyanure de potassium ; celle-ci doit être colorée en brun par le sel uranique, s'il en reste dans la dissolution.

Le précipité est reçu sur un filtre, lavé à l'eau pure, puis séché et séparé du papier, qu'on brûle à part. La composition du précipité séché à 100° est :



$$Va^2O^5.2U^2O^3.(AzH^4)^2O + H^2O$$
$$Va^2O^8(U^2O^2)^2(AzH^4)^2 + H^2O.$$

Grillé à l'air, au rouge, il perd l'eau et l'ammoniaque contenues et garde une coloration jaune pâle. Il renferme alors 24,22 p. 100 d'acide vanadique, conformément à la formule :



$$Va^2O^5.2U^2O^3 \quad \text{ou} \quad Va^2O^7(U^2O^2)^2.$$

Le dosage sous cette forme ne réussit pas seulement en présence des alcalis et des terres alcalines, mais aussi en présence des oxydes métalliques, dont les acétates résistent à l'ébullition.

Il convient notamment pour isoler l'acide vanadique des oxydes de manganèse, de zinc et de cuivre qui l'accompagnent dans un certain nombre de vanadates naturels.

C'est précisément en vue de l'analyse de ces minéraux très complexes, que j'ai entrepris les précédentes recherches sur les moyens d'isoler et de doser le vanadium.

X

Séparation du vanadium et du molybdène (*).

La précipitation de l'acide vanadique par un sel de manganèse, suivant la méthode que je viens de faire connaitre, ne permet pas de le séparer des acides phosphorique et arsénique, qui sont, comme lui, précipités complètement, ni de l'acide tungstique qui est partiellement précipité ; mais elle peut servir à l'isoler de l'acide molybdique, qui reste intégralement dans la dissolution, pourvu que l'ébullition ne soit pas trop prolongée.

Le dosage du vanadium se fera ensuite à l'état de vanadate de manganèse, comme il a été dit plus haut.

Celui du molybdène pourra s'opérer à l'état de sulfure de la façon suivante : on se débarrassera d'abord du manganèse par le sulfure d'ammonium et on décomposera ensuite le sulfosel de molybdène par l'acide chlorhydrique ; le sulfure de molybdène précipité sera recueilli et calciné avec du soufre ou dans un courant d'hydrogène sulfuré.

J'ai vérifié que la *séparation du vanadium et du molybdène* se fait ainsi avec une grande exactitude : prenant 10 centimètres cubes d'une solution de vanadate d'ammonium, que je savais, par d'autres essais, contenir

(*) *Académie des Sciences*, 27 juin 1887.

$0^{gr},077$ de Va^2O^5, j'y ajoutai $0^{gr},200$ d'anhydride molybdique, qui fournissaient par calcination directe dans l'hydrogène sulfuré $0^{gr},187$ de MoS^2. J'opérai la séparation, comme je viens de le dire, et je trouvai $0^{gr},137$ de $Va^2O^5,2MnO$, correspondant précisément à $0^{gr},077$ de Va^2O^5, et, d'autre part, $0^{gr},188$ de MoS^2.

XI

Séparation de l'aluminium et du fer.

On connaît un grand nombre de procédés ayant pour but d'obtenir la séparation et le dosage du fer et de l'aluminium.

Plusieurs sont fondés sur l'emploi de la voie sèche. Je n'en parlerai pas ici.

a) Parmi ceux qui n'emploient que des opérations de voie humide, l'un des plus commodes pour la séparation des deux métaux est le procédé indiqué par Henri Rose, consistant à introduire de l'acide tartrique dans la dissolution, que l'on sature ensuite par l'ammoniaque, sans produire aucun trouble et à y verser ensuite du sulfure d'ammonium, qui ne précipite que le fer à l'état de sulfure.

La séparation est nette et le dosage du fer peut s'obtenir rapidement par la méthode volumétrique, en redissolvant sur le filtre par l'acide sulfurique étendu, chassant l'hydrogène sulfuré, complétant, au besoin, la réduction à l'état de sel ferreux par le zinc et versant la solution titrée de permanganate.

Mais le dosage de l'aluminium est difficile et fastidieux; car il doit être précédé de l'évaporation des liqueurs, de la calcination du résidu et de la fusion avec du nitre pour détruire entièrement l'acide organique, qui empêcherait la précipitation complète de l'alumine par l'ammoniaque.

J'ai reconnu (*) que l'on pouvait obtenir beaucoup plus rapidement ce dosage en décomposant la liqueur sulfhydratée par un petit excès d'acide chlorhydrique (1 centimètre cube environ au-delà de la saturation exacte), puis ajoutant une quantité suffisante de phosphate de sodium et 4 à 5 grammes d'acétate de sodium. On porte à l'ébullition, et on l'entretient pendant une ou deux heures. Le précipité étant imprégné de sels alcalins et d'acide tartrique, il faut le purifier en dissolvant par l'acide azotique étendu d'eau, neutralisant presque par l'ammoniaque, ajoutant un peu de phosphate et 2 ou 3 grammes d'acétate d'ammonium et faisant bouillir pendant une heure. Le précipité est exempt de sels fixes ; reçu sur un filtre, lavé quelques instants avec de l'acétate d'ammonium très étendu et chaud, puis calciné avec le filtre, il est blanc, pulvérulent et répond exactement à la formule :



$$P^2O^5 . Al^2O^3 \quad \text{ou} \quad PO^4Al.$$

Il renferme donc p. 100 : 41,82 d'alumine ou 22,13 d'aluminium.

Il convient d'opérer les précipitations dans de faibles volumes de liquides et de laver avec un peu d'eau bouillante, pour rendre les pertes aussi faibles que possible ; car le phosphate n'est pas tout à fait insoluble : 100 centimètres cubes d'eau bouillante dissolvent à très peu près $0^{gr},001$ du composé.

Des expériences synthétiques m'ont donné $0^{gr},163$ de phosphate ou $0^{gr},0685$ d'alumine au lieu de $0^{gr},0692$ et, une autre fois, $0^{gr},1387$ au lieu de $0^{gr},1385$.

b) Un autre mode de séparation du fer et de l'aluminium peut être emprunté à la réaction de l'hyposulfite de sodium, dans des conditions un peu différentes de celles qui ont été étudiées par Chancel (*C. R.*, 24 mai 1858, XLVI, p. 987).

(*) *Académie des Sciences*, 18 juillet 1881, 7 avril 1884.

La solution chlorhydrique, qui renferme l'aluminium et le fer, est d'abord presque neutralisée par l'ammoniaque, mais en restant en deçà du point où la liqueur commencerait à se troubler.

On étend d'eau froide et on verse de l'hyposulfite de sodium en excès; on agite et on attend que la solution, d'abord colorée par le chlorure ferrique, puis devenue violette par l'introduction de l'hyposulfite, se soit entièrement décolorée par suite de la réduction du sel ferrique en sel ferreux.

La réduction étant alors complète, on ajoute du phosphate de sodium ou d'ammonium et on porte à l'ébullition pendant une demi-heure, de manière à chasser l'acide sulfureux, produit par la décomposition du sel, et à précipiter la totalité de l'alumine à l'état de phosphate neutre, mêlé de soufre.

On laisse reposer, on décante sur un filtre le liquide clair; on reprend le dépôt par de l'eau et très peu d'acétate d'ammonium ; on fait bouillir encore quelques minutes afin d'enlever les sels alcalins, s'il y en a, on reçoit le précipité sur un filtre et l'on achève le lavage à l'eau chaude. On sèche et calcine à haute température, puis on pèse.

On calcule l'alumine en multipliant par 0,4182 ou l'aluminium par 0,2213.

Le fer, qui est resté dissous à l'état de sel ferreux, peut être précipité dans la liqueur encore chaude par le sulfure d'ammonium ; on lave par décantation à l'eau sulfhydratée pour enlever les sels solubles et on reçoit sur un filtre ; on achève en redissolvant par l'acide sulfurique étendu et dosant volumétriquement au moyen de permanganate, comme je l'ai dit plus haut.

On peut remarquer que ces deux méthodes sont fondées sur l'insolubilité du phosphate d'aluminium dans une solution neutre ou légèrement acétique. On constate aisément

que cette insolubilité est, en effet, notablement plus grande que celle de l'hydrate d'alumine ; car, après avoir précipité celui-ci par l'ammoniaque, fait bouillir peu de temps et filtré, si l'on ajoute à la liqueur du phosphate d'ammonium et un léger excès d'acide acétique, on trouvera, après ébullition, un petit dépôt de phosphate d'aluminium.

Après une étude nouvelle de la méthode de précipitation par l'hyposulfite, M. A. Lasne (*) a, comme moi-même auparavant, reconnu que le précipité possède la composition bien définie : $P^2O^5.Al^2O^3$; il a constaté une perte par solubilité moindre encore que celle que j'avais signalée pour le procédé précédent et trouvé que, pour en tenir compte, il faut ajouter $0^{gr},0008$ au poids de l'alumine, lorsque le volume de la liqueur est de 250 centimètres cubes.

XII

Sur le phosphate de chrome. — Séparation de l'aluminium et du chrome (*)

Le dosage du chrome s'est toujours fait jusqu'ici soit à l'état d'oxyde vert, soit à l'état de chromate de plomb ou de baryum. J'ai reconnu qu'il pouvait aussi se faire avec exactitude à l'état de phosphate et qu'il serait quelquefois commode d'adopter ce mode de dosage.

Si l'on soumet à l'ébullition une dissolution d'un sel de chrome faiblement acidifiée, à laquelle on a ajouté un phosphate alcalin et de l'acétate de sodium, la totalité du chrome se dépose à l'état de phosphate.

Ce mode de précipitation réussit non seulement avec les sels verts, mais aussi avec les sels violets, chlorures

(*) *Annales de Chimie analytique*, 9 novembre 1896.
(**) *Académie des Sciences*, 18 juillet 1881, 8 mai 1882.

ou sulfates de chrome, et avec les acétates, mais non pas avec les oxalates.

Il convient également bien pour les chromates alcalins ; mais, dans ce cas, l'action de l'acide phosphorique doit être combinée avec celle de l'hyposulfite de sodium, qui agit dans la liqueur acide comme réducteur énergique.

La dissolution de chromate, à laquelle on a ajouté une suffisante quantité de phosphate, puis de l'hyposulfite de sodium, de l'acétate et une petite quantité d'acide acétique, est soumise à l'ébullition pendant une heure environ ; elle laisse déposer tout le chrome réduit à l'état de phosphate, avec du soufre provenant de la décomposition de l'hyposulfite.

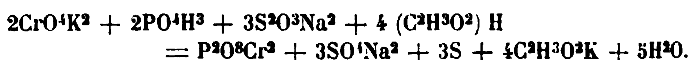
Le phosphate qui s'est précipité est un hydrate vert répondant à la formule $P^2O^5Cr^2O^3 + 6H^2O$, lorsqu'il a été séché à 100°. Il peut être lavé avec de l'eau bouillante, dans laquelle il est à peu près soluble, ou, mieux encore, avec des solutions chaudes d'acétate et ensuite d'azotate d'ammoniaque, qui le débarrassent successivement des sels alcalins et de l'acide organique. Par calcination, il devient gris, et sa composition est alors exprimée par la formule $P^2O^5Cr^2O^3$; l'oxyde de chrome y figure dans la proportion de 51,86 p. 100.

L'industrie pourrait, je pense, tirer parti de la réaction que je viens de signaler de l'acide phosphorique et de l'hyposulfite de sodium réunis sur les chromates alcalins. Elle fournit, en effet, une matière insoluble verte, conservant, après dessiccation, une assez belle teinte, et susceptible de remplacer dans la peinture certains verts, dans la composition desquels entrent des substances nuisibles, telles que l'arsenic et le cuivre.

Cette couleur, absolument inoffensive, pourrait aussi être utilisée dans la teinture des étoffes ; car il serait possible de produire le phosphate vert insoluble dans l'épais-

seur même des tissus, préalablement imprégnés des sels solubles nécessaires à la réaction.

On calculerait aisément, soit pour les chromates neutres, soit pour les bichromates, la proportion de réactifs qu'il convient d'employer. Par exemple, pour le chromate neutre de potassium, la réaction serait exprimée par l'équation suivante :



$$2CrO^4K^2 + 2PO^4H^3 + 3S^2O^3Na^2 + 4\,(C^2H^3O^2)\,H$$
$$= P^2O^8Cr^2 + 3SO^4Na^2 + 3S + 4C^2H^3O^2K + 5H^2O.$$

J'ai vérifié, en effet, que 2 molécules de chromate neutre (soit 1gr,947) exigent précisément 3 molécules d'hyposulfite (3gr,720 de cristaux). En prenant ces proportions exactes de sels et soumettant à l'ébullition, on obtient la précipitation complète du phosphate de chrome, et l'on peut constater que la liqueur ne renferme plus d'hyposulfite, capable de décolorer l'iodure bleu d'amidon.

Certains minerais, comme le fer chromé, et certains minéraux cristallisés, comme l'émeraude, peuvent renfermer à la fois de l'oxyde de chrome et de l'alumine, que l'on a eu jusqu'ici quelque peine à séparer et à doser exactement. Les réactions, qui viennent d'être indiquées dans ce chapitre et dans le précédent, fournissent pour ce problème une solution assez bonne.

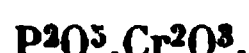
On commence par dissoudre les deux oxydes à l'état de chromate et d'aluminate alcalins, en fondant la matière avec de la potasse pure et du nitre, puis reprenant par l'eau. On acidifie légèrement par l'acide azotique, on ajoute suffisamment de phosphate de sodium pour l'alumine supposée, on introduit ensuite de 4 à 5 grammes d'acétate de sodium et on porte à l'ébullition. Le phosphate d'aluminium est seul précipité. On le lave avec un peu d'eau bouillante, pour n'y laisser aucune trace d'acide chromique.

On redissout le précipité dans l'acide azotique et on termine le dosage de l'alumine en saturant presque par l'ammoniaque, ajoutant un peu de phosphate et de l'acétate d'ammonium et faisant bouillir pendant une heure. On filtre, sèche, calcine et pèse :



$$P^2O^5.Al^2O^3.$$

Dans la dissolution contenant l'acide chromique on ajoute une nouvelle quantité de phosphate alcalin, s'il est nécessaire, et de l'hyposulfite de sodium, puis on soumet à l'ébullition pendant une heure. Le précipité formé est séparé de la liqueur par décantation, puis lavé avec une solution d'acétate d'ammonium, qu'on fait bouillir pendant un quart d'heure; on le reçoit sur un filtre, on sèche, calcine et pèse :



$$P^2O^5.Cr^2O^3.$$

J'ai fait une série d'expériences comparatives sur les mélanges en proportions connues d'azotate d'aluminium et de chromate de potassium, en cherchant à doser l'aluminium et le chrome, soit par les diverses méthodes déjà connues, soit par la méthode nouvelle ; je me suis assuré que celle-ci, tout en étant la plus expéditive, donne des résultats très satisfaisants. Elle a, de plus, l'avantage de pouvoir être appliquée sans aucune difficulté spéciale en présence des chlorures et des sulfates, qui s'opposeraient à l'emploi de la plupart des autres procédés.

XIII

Recherches de très petites quantités de phosphore dans les produits sidérurgiques et dans les terres végétales.

J'ai appliqué une méthode analogue aux précédentes, pour la précipitation du phosphate d'aluminium, à la

recherche des très petites quantités de l'un ou de l'autre des éléments, phosphore ou aluminium, que peuvent contenir les aciers.

On trouvera l'exposé de la recherche de l'aluminium dans le mémoire que j'ai publié sous le titre de : *Méthodes d'analyse des fontes, des fers et des aciers* (*).

Quant à la recherche du phosphore, je ne l'ai pas publiée, bien que je l'aie enseignée pendant plusieurs années dans mon cours à l'École supérieure des Mines, parce que j'ai trouvé depuis une méthode qui m'a paru préférable (**). Je vais néanmoins la faire connaître ici, parce qu'elle pourrait être employée dans certaines occasions.

Malgré l'extrême sensibilité du molybdate d'ammonium pour la recherche du phosphore, son emploi rencontre parfois des difficultés réelles, à raison de la quantité considérable de fer, qu'il peut être nécessaire de mettre en œuvre pour avoir une quantité dosable de phosphore.

Dans le but de diminuer ces difficultés, j'ai eu recours à un moyen de concentration de l'acide phosphorique analogue à celui que j'avais trouvé pour concentrer l'aluminium dans une petite portion du fer. Il consiste à éliminer la majeure partie du fer à l'état de sel ferreux dissous, tandis que l'acide phosphorique est retenu à l'état de combinaison insoluble avec une faible proportion de peroxyde de fer ou d'alumine.

L'attaque dans une grande capsule de porcelaine a lieu sur 1, sur 5 ou même sur 10 grammes de fonte, fer ou acier, au moyen d'un réactif oxydant, eau régale ou acide chlorhydrique avec chlorate de potassium. Dans la dissolution,

(*) *Annales des Mines*, 1895, II, p. 516.

(**) *Annales des Mines*, 1893, II, p. 5, 1895, II, p. 420.
Une autre raison m'avait décidé à ne pas oublier le procédé que j'enseignais ; c'est la coïncidence de mes recherches avec celles que faisait, à la même époque, le savant américain Lawrence Smith dans une direction analogue.

en partie évaporée, puis étendue d'eau et filtrée, on fait arriver un courant d'hydrogène sulfuré et on laisse la fiole bouchée pendant un jour, en renouvelant, de temps en temps, le passage du réducteur, de manière à n'avoir plus de sel ferrique. En même temps l'arsenic, s'il y en a, se trouve précipité à l'état de sulfure, mêlé au soufre provenant de la réduction du sel ferrique par l'hydrogène sulfuré.

Le précipité est reçu sur un filtre, lavé à l'eau chlorhydrique et mis en digestion dans le carbonate d'ammonium, qui dissout le sulfure d'arsenic. Par évaporation avec de l'eau oxygénée, on le convertit en arséniate, qu'on dose par les procédés connus.

La dissolution ferreuse est chauffée à 100°, jusqu'à ce que toute odeur d'hydrogène sulfuré ait disparu ; après refroidissement, on neutralise par l'ammoniaque aussi complètement que possible, sans précipitation ; on ajoute de l'acétate d'ammonium ou de sodium et on porte à l'ébullition. Il s'est reformé, pendant la durée de ces opérations, assez de sel ferrique pour que tout l'acide phosphorique soit précipité ; mais la plus grande partie du fer, restée à l'état de sel ferreux en dissolution, peut être éliminée par filtration.

Le précipité, lavé à l'eau chaude, est redissous sur le filtre par un peu d'acide nitrique étendu et chaud ; on évapore à sec, pour être sûr de ne pas laisser de silice dissoute, on reprend par l'acide nitrique, qu'on neutralise en majeure partie par l'ammoniaque, puis on ajoute un peu d'eau et une solution nitrique de molybdate d'ammonium. On est alors dans des conditions très favorables pour la précipitation du phosphomolybdate d'ammonium.

On pèsera ce sel après lavage et dessiccation, ou bien on le transformera en phosphate ammoniaco-magnésien pour le dosage final.

On pourrait même se dispenser de passer par l'intermé-

diaire du phosphomolybdate, si l'on se trouvait, par exemple, n'avoir pas de sel molybdique sous la main.

Dans ce cas, après avoir concentré tout l'acide phosphorique dans une petite quantité d'oxyde ferrique, on redissout le précipité par l'acide chlorhydrique et on ajoute un peu d'acide tartrique, d'ammoniaque et de sulfure d'ammonium. Après dépôt du sulfure de fer on filtre, on précipite l'acide phosphorique par le sel de magnésium et l'ammoniaque en excès; l'alumine, s'il y en a, reste dissoute, grâce à la présence de l'acide tartrique, et le phosphate ammoniaco-magnésien se dépose seul.

J'ai également fondé sur le principe de la concentration de l'acide phosphorique dans un premier précipité, une méthode de recherche des très petites quantités de phosphore contenues dans les roches et dans les terres végétales (*).

La méthode ne diffère pas beaucoup de celle que je viens d'exposer pour la recherche du phosphore dans les aciers. Je ne crois pas devoir la reproduire ici, d'autant plus que j'ai indiqué plus tard une autre manière d'opérer, qui est plus simple (**). Je me bornerai à dire que la concentration de l'acide phosphorique se fait à l'état de sel d'aluminium, et que l'hyposulfite de sodium sert à la fois de réducteur pour les sels ferriques et de précipitant pour les sels d'aluminium, comme je l'ai expliqué dans le chapitre XI, p. 167.

XIV

Séparation du cadmium et du zinc.

La séparation du cadmium et du zinc, si difficile à réaliser par les procédés qui ont été employés jusqu'ici,

(*) *Académie des Sciences*, 7 avril 1884.
(**) *Annales des Mines*, 1893, II, p. 11.

peut se faire exactement et rapidement au moyen de l acide oxalique et de l'hyposulfite de sodium ou d'ammonium.

On peut utiliser, suivant les cas, deux réactions différentes : la précipitation partielle du zinc à l'état d'oxalate et la précipitation totale du cadmium à l'état de sulfure par l'hyposulfite dans une liqueur oxalique bouillante.

Si la proportion de zinc est faible, on pourra obtenir la séparation en une seule fois par la dernière réaction. Si le zinc est, au contraire, en quantité dominante, il sera préférable d'en éliminer la plus grande partie à l'état d'oxalate, avant de chercher à précipiter le cadmium à l'état de sulfure. On terminera, dans tous les cas, par la précipitation du zinc resté dissous.

1° Supposons, d'abord, qu'il y ait peu de zinc avec le cadmium.

On dissout 1 gramme de la matière dans l'acide chlorhydrique seul ou avec un peu d'acide azotique, puis on neutralise par l'ammoniaque et on ajoute environ 10 grammes de sel ammoniac ; on y mêle une solution de 2 grammes environ d'acide oxalique, on étend à 100 ou 150 centimètres cubes et on porte à l'ébullition pendant quelques minutes. Il ne se fait aucun précipité, si la proportion de zinc est faible. On ajoute encore environ 100 centimètres cubes d'eau dans la fiole, pour être assuré qu'il ne se formera aucun dépôt par la suite ; on chauffe et, dans la liqueur bouillante, on verse, en une ou plusieurs fois, la quantité nécessaire d'hyposulfite de sodium (ou d'ammonium, si l'on préfère éviter les sels alcalins fixes, afin de simplifier les lavages). On entretient l'ébullition aussi longtemps que le précipité orangé de sulfure de cadmium paraît augmenter. Pour 1 partie de cadmium, il faut au moins 2 1/2 à 3 parties d'hyposulfite cristallisé.

Le sulfure de cadmium formé dans ces conditions est

dense, grenu, peu volumineux et facile à laver; il est mêlé de soufre, mais exempt de zinc. Après décantation sur un petit filtre et lavage à l'eau chaude, on redissout le sulfure sur le filtre et dans la fiole par l'acide azotique additionné d'eau bouillante, on chauffe quelques minutes pour rendre l'attaque bien complète, on fait repasser sur le même filtre et l'on reçoit le liquide et l'eau de lavage dans un petit creuset taré. On ajoute un peu d'acide sulfurique étendu, on évapore à sec, on calcine au-dessous du rouge et on pèse le sulfate de cadmium, qui est bien neutre et nullement décomposé à cette température. Le dosage du cadmium me paraît être meilleur sous cette forme que sous celle ordinairement adoptée, de sulfure CdS séché à 100° :

$$Cd = 0,5384\ SO^4Cd.$$

Le petit excès d'hyposulfite alcalin, que l'on a versé pour précipiter le cadmium, ayant été décomposé par ébullition de la liqueur avec un peu d'acide azotique et cette liqueur ayant été presque entièrement neutralisée par l'ammoniaque, le zinc peut y être précipité au moyen d'un courant d'hydrogène sulfuré. La blancheur du dépôt de sulfure atteste que la liqueur ne renfermait plus aucune trace de cadmium.

On filtre, on sèche et on sépare le précipité du papier, qu'on brûle à part et dont on réunit les cendres au sulfure. On calcine le tout ensemble dans une capsule, pour former de l'oxyde de zinc, ou, de préférence, dans un petit creuset de Rose traversé par un courant d'hydrogène sulfuré sec, qui ramène le tout à l'état de sulfure ZnS. On a :

$$Zn = 0,6701\ ZnS.$$

2° Supposons maintenant que l'on ait affaire à un mé-

lange de métaux, d'oxydes ou de sulfures, où le zinc soit en grand excès par rapport au cadmium. Il faudra souvent, dans ce cas, pour la recherche de faibles proportions de cadmium, opérer sur 2 ou 3 grammes de matière.

En procédant comme je l'ai dit plus haut, on serait exposé à avoir un dépôt d'oxalate de zinc, en plus ou moins grande quantité, mêlé au sulfure de cadmium.

Pour éviter cette difficulté, on provoquera dès le début le dépôt de la majeure partie du zinc à l'état d'oxalate, sans entraîner de sel de cadmium. A cet effet, la solution acide des deux métaux est neutralisée par l'ammoniaque, additionnée de sel ammoniac en quantité égale à dix fois environ le poids des métaux, étendue d'eau jusqu'à 150 ou 200 centimètres cubes et chauffée à l'ébullition. On ajoute une solution chaude d'acide oxalique, en poids à peu près égal à celui des métaux et on laisse refroidir. On voit se former bientôt un dépôt cristallin blanc d'oxalate de zinc. L'excès de sel ammoniacal empêche le dépôt du cadmium, qui forme un oxalate double, bien plus soluble que le sel de zinc.

On décante la liqueur et on fait passer le dépôt dans une petite capsule, en le lavant avec une solution chaude de sel ammoniac, de manière à enlever les dernières traces de cadmium. On ajoute de l'eau jusqu'à former environ 250 centimètres cubes de liquide, on chauffe à 100° et on verse l'hyposulfite en dissolution, comme il a été dit plus haut. La liqueur étant diluée et chaude, on ne risque d'avoir aucun dépôt de sel de zinc avec le précipité orangé de sulfure de cadmium. On achève le dosage de ce métal, comme il vient d'être expliqué, à l'état de sulfate.

Quant au zinc resté dans la dissolution, on le précipite à l'état de sulfure, que l'on pèse après calcination, soit à l'état de sulfure, soit à l'état d'oxyde.

L'oxalate de zinc, recueilli à la suite de la première

opération, est séché, puis calciné progressivement à l'air et transformé ainsi en oxyde :

$$Zn = 0,8024\ ZnO.$$

Comme il s'agit d'une proportion de zinc importante, il n'y a pas d'inconvénient sensible à opérer en deux fois le dosage du métal ; on pourrait, d'ailleurs, réunir les deux portions pour les transformer et les peser ensemble sous la forme d'oxyde ou de sulfure.

Le cadmium est toujours dosé en une seule fois.

Les expériences synthétiques faites sur des mélanges connus de sels de cadmium et de zinc m'ont donné des résultats très satisfaisants ; sans y consacrer plus de soin et de temps que l'on ne fait pour les analyses courantes, j'ai trouvé les nombres suivants :

I	SO^4Cd...	0gr,571	au lieu de	0gr,568	calculé
	ZnS.....	0 ,120	—	0 ,122	—
II	SO^4Cd...	0 ,022	—	0 ,023	—
	ZnS.....	0 ,610	—	0 ,613	—

Séparation du cuivre, du cadmium et du zinc. — Dans le cas où l'on trouverait ensemble les trois métaux : cuivre, cadmium et zinc, on pourrait les séparer les uns des autres en combinant la méthode précédente avec celles déjà connues par les travaux de Flajolot (1853) et de Vortmann (1881).

Flajolot, le premier (*), employa l'hyposulfite de sodium pour la séparation du cuivre et du zinc, en versant peu à peu ce réactif dans la dissolution des métaux, acidifiée par l'acide sulfurique et portée à l'ébullition.

Vortmann (**) reconnut que le même réactif pouvait

(*) *Annales de Physique et de Chimie* (1853).
(**) *Zeitschrift für analytische Chemie* (1881).

servir à séparer le cuivre du cadmium ; il conseilla de l'ajouter progressivement dans la solution sulfurique ou chlorhydrique froide, jusqu'à décoloration complète, et de chauffer ensuite à l'ébullition, de manière à obtenir que la liqueur s'éclaircisse complètement après dépôt de sulfure de cuivre.

La séparation des trois métaux pourra s'achever après filtration, en versant dans la liqueur du chlorure d'ammonium en excès et de l'acide oxalique, puis portant à l'ébullition et versant de l'hyposulfite de sodium ou d'ammonium jusqu'à ce qu'il cesse de se produire un précipité orangé de sulfure de cadmium, l'addition d'une nouvelle quantité d'hyposulfite ne donnant plus lieu qu'à un trouble blanc dû au soufre.

Après séparation du cadmium il ne reste plus qu'à précipiter et doser le zinc, comme je l'ai indiqué ci-dessus.

XV

Séparation successive du zinc, du nickel ou du cobalt, du manganèse et du fer (*).

L'hydrogène sulfuré est très souvent employé pour séparer divers métaux par la voie humide. On se sert le plus ordinairement de solutions chlorhydriques, sulfuriques ou acétiques, plus rarement de solutions azotiques très diluées.

J'ai reconnu que l'emploi de solutions oxaliques pouvait, dans certains cas, permettre des séparations nouvelles, difficiles à réaliser autrement, du moins par une marche aussi régulière.

On rencontre cependant une difficulté générale, tenant à ce que les oxalates métalliques sont souvent peu solubles.

(*) *Académie des Sciences*, 22 mars 1886.

Il faut se placer dans des conditions telles qu'il ne risque pas de se faire de dépôt d'oxalates pouvant se mêler au dépôt des sulfures que l'on cherche à produire. C'est à quoi l'on peut réussir de deux façons : soit en opérant sur d'assez faibles quantités des métaux, en liqueur chaude et en présence d'une assez grande quantité de liquide, pour que les oxalates restent sûrement dissous, soit en ajoutant à la solution plus concentrée assez d'oxalate de potassium ou d'ammonium pour former des sels doubles solubles, comme l'a enseigné Alexandre Classen en vue de l'électrolyse d'un grand nombre de métaux (*).

Dans une semblable solution, suffisamment étendue et ne contenant pas d'autre acide libre qu'une très faible quantité d'acide oxalique, un courant rapide d'hydrogène sulfuré détermine la précipitation complète du *zinc*, sous forme d'un dépôt de sulfure blanc, plus grenu et plus facile à rassembler et à filtrer que celui qu'on obtient dans une solution acétique (**).

Le *nickel* et le *cobalt* ne sont nullement précipités, dans les mêmes conditions, et le dépôt de sulfure de zinc peut être obtenu très blanc, même en présence de sels de ces métaux.

Le *manganèse* n'éprouve aucune précipitation, ce qu'on pouvait prévoir aisément, puisqu'un courant d'hydrogène sulfuré est sans action sur lui, même dans une liqueur très faiblement acétique, c'est-à-dire dans des circonstances où le nickel et le cobalt sont entièrement précipités sous forme de sulfures.

Le *fer* passe naturellement, sous l'influence de l'hydrogène sulfuré, de l'état de sel ferrique à celui de sel ferreux. Il ne se forme point de sulfures ; mais il se produit

(*) *Quantitative Analyse durch Electrolyse*, von Alex. Classen, 3e auflage, 1892.

(**) Le même caractère de densité a été observé depuis par M. Riban pour le sulfure de zinc formé dans une liqueur contenant de l'hyposulfate de sodium ou de baryum (*Académie des Sciences*, 1888).

de l'oxalate ferreux, dont la solubilité est faible et dont le dépôt risque d'altérer la pureté du sulfure de zinc.

Pour échapper à cette cause d'erreur, il convient d'opérer sur une quantité de matière ne contenant pas plus de $0^{gr},2$ de fer et d'ajouter 2 ou 3 grammes d'oxalate d'ammonium en dissolution.

La liqueur contenant les métaux à séparer est ordinairement chlorhydrique ; on la sature presque exactement par l'ammoniaque et, s'il se produit un trouble, on le redissout par le moins possible d'acide ; on chauffe et on ajoute la solution d'oxalate, également chaude, avec de l'eau en quantité suffisante pour faire environ 500 centimètres cubes.

On a donc une solution très étendue qui renferme du chlorure et de l'oxalate d'ammonium et un très léger excès d'acide oxalique. On y fait arriver un courant rapide d'hydrogène sulfuré, tout en la maintenant tiède, au voisinage de 50°, afin d'empêcher qu'il puisse se produire aucun dépôt d'oxalate.

Le sulfure de zinc se forme seul; lorsqu'on juge la réaction terminée, on le laisse déposer et on décante la liqueur claire sur un filtre ; on la remplace à deux reprises par de l'eau chargée d'hydrogène sulfuré, puis on reçoit le précipité sur le filtre et on achève rapidement le lavage à l'eau sulfurée. On sèche, on sépare du filtre, dont on réunit les cendres au précipité, on calcine le tout dans un petit creuset de Rose, traversé par un courant d'hydrogène sulfuré sec et on pèse le sulfure de zinc. Le sulfure doit être bien blanc ; les moindres traces de cobalt, de nickel ou de fer lui donneraient une teinte grise.

S'il n'y avait, avec le zinc, que l'un de ces métaux, on pourrait le précipiter aussitôt, soit par du sulfure d'ammonium seulement (*cobalt*, *fer*), soit par addition de sulfure d'ammonium d'abord, puis ébullition avec un petit excès d'acide acétique (*nickel*).

Dans le cas où la liqueur séparée du sulfure de zinc contiendrait encore du *nickel* et du *manganèse*, on y ajouterait simplement de l'acétate d'ammonium neutre et on ferait passer de nouveau le courant d'hydrogène sulfuré ; le sulfure de nickel serait seul précipité de la liqueur faiblement acétique ; le manganèse se déposerait à son tour par addition de sulfure d'ammonium. Le *cobalt*, s'il y en a, accompagne le *nickel;* je ne parlerai pas ici de la séparation de ces deux métaux, sur laquelle j'ai déjà publié une note spéciale (*).

S'il reste du *fer* et du *manganèse* seulement, on peut précipiter le premier en rendant la liqueur oxalique presque exactement neutre au tournesol par addition de quelques gouttes d'ammoniaque, puis ajoutant de l'acétate neutre de sodium ou d'ammonium et renouvelant le courant d'hydrogène sulfuré. Le sulfure de fer se dépose seul et d'une façon complète, surtout si ce métal est en faible quantité; on peut ensuite, par addition de sulfure d'ammonium, faire déposer le manganèse.

Enfin, si la solution oxalique contient les trois métaux, *fer*, *nickel* et *manganèse*, on peut opérer de la façon suivante :

1° Chasser l'hydrogène sulfuré par la chaleur, ajouter de l'eau oxygénée, puis un excès d'ammoniaque et porter à l'ébullition; le fer et le manganèse sont entièrement précipités à l'état d'hydrates de Fe^2O^3 et Mn^6O^{11} (**), qu'on redissout par l'acide chlorhydrique et qu'on précipite une seconde fois de la même manière, afin de n'y plus laisser de nickel. On termine par la séparation du fer et du manganèse, en employant la méthode des acétates à l'ébullition.

Ou bien : 2° Après expulsion de l'hydrogène sulfuré,

(*) *Annales des Mines*, juin 1895.
(**) *Ibidem*, novembre 1894.

peroxyder le sel de fer par le chlore ou le brome, dont on chasse ensuite l'excès par la chaleur, ajouter quelques gouttes d'ammoniaque et du carbonate d'ammonium pour neutraliser presque entièrement, verser de l'acétate d'ammonium et faire bouillir quelques minutes; le fer seul est précipité à l'état de sous-acétate ferrique. La dissolution acétique filtrée est soumise à l'action de l'hydrogène sulfuré, qui fait déposer le sulfure de nickel; le manganèse est précipité par le sulfure d'ammonium.

XVI

Application des méthodes précédentes aux minerais ou alliages des métaux formant des sels solubles dans l'ammoniaque.

Les méthodes qui ont été exposées plus haut, chapitres XIV et XV, permettent de faire plus simplement et plus rapidement que par le passé l'analyse de diverses matières, naturelles ou artificielles, où entrent les métaux dont il a été question. Elles s'appliquent non seulement aux blendes ou aux calamines cadmifères ou cuprifères et aux métaux qui proviennent de leur traitement métallurgique, mais aussi aux alliages nombreux et variés, qui se rapprochent du laiton ou du maillechort et qui peuvent contenir du cuivre, du nickel, du cobalt, du manganèse et un peu de fer.

Je me bornerai à indiquer rapidement la série des opérations à effectuer.

On prépare d'abord la dissolution des métaux, que nous supposerons contenir un petit excès d'acide sulfurique ou chlorhydrique ; on la chauffe jusqu'à l'ébullition et on y verse peu à peu l'hyposulfite de sodium (ou d'ammonium), tant qu'il se forme un précipité brun noir ; on sépare ainsi le sulfure de *cuivre* seul. Après filtration, on ajoute de

l'oxalate d'ammonium et, au besoin, un peu d'acide oxalique et, portant à l'ébullition, on renouvelle l'addition d'hyposulfite, jusqu'à ce qu'il ne se fasse plus de précipité jaune orangé de sulfure de *cadmium*. On fait bouillir quelque temps avec un petit excès d'acide azotique, puis on laisse refroidir jusque vers 50°, on rend la liqueur presque exactement neutre par addition ménagée d'ammoniaque et on fait arriver un courant d'hydrogène sulfuré, qui détermine la précipitation du sulfure de *zinc*.

Après séparation du dépôt blanc on ajoute de l'acétate d'ammonium et, au besoin, quelques gouttes d'ammoniaque pour neutraliser la liqueur, on renouvelle le courant d'hydrogène sulfuré, qui transforme en sulfures insolubles tous les métaux autres que le *manganèse ;* celui-ci est, après séparation du dépôt, précipité par le sulfure d'ammonium.

Le précipité noir, qui peut contenir du *nickel*, du *cobalt* et du *fer*, est redissous par un peu d'eau régale chaude; on précipite le fer par l'ammoniaque, s'il y en a très peu, ou bien par l'acétate à l'ébullition et on sépare ensuite, s'il y a lieu, le nickel et le cobalt par l'une des méthodes connues, après les avoir fait déposer à l'état de sulfures.

Trois essais faits sur des mélanges de sels en quantités connues m'ont donné:

		Trouvé.	Calculé.
I	Cu^2S....	0gr,449	0gr,450
	ZnS.....	0 ,490	0 ,492
	NiS.....	0 ,138	0 ,136
II	Cu^2S....	0gr,237	0gr,237
	ZnS.....	0 ,243	0 ,245
	NiS.....	0 ,070	0 ,068
	Fe^2O^3...	0 ,118	0 ,120
III	Cu^2S....	0gr,225	0gr,225
	$CdSO^4$...	0 ,230	0 ,227
	ZnS.....	0 ,367	0 ,368
	NiS.....	0 ,102	0 ,102
	MnS....	0 ,198	0 ,203

XVII

Séparation de l'antimoine et de l'étain (*).

La séparation de l'étain et de l'antimoine a été l'objet de bien des recherches, soit à cause des difficultés qu'elle présente, soit à cause de son importance dans l'analyse des alliages industriels.

J'ai cherché à appliquer à ce problème une méthode analogue à celle qui m'avait réussi pour la séparation du zinc et du cadmium, c'est-à-dire fondée sur l'emploi simultané de l'acide oxalique et de l'hyposulfite de sodium. J'y suis parvenu, en effet, après avoir fait une étude attentive des réactions fournies par les oxalates des deux métaux en présence de l'hydrogène sulfuré ou des hyposulfites.

L'*acide oxalique* donne, avec des dissolutions chlorhydriques faiblement acides d'étain ou d'antimoine, des précipités blancs cristallins d'oxalates simples de ces métaux.

En présence d'un sel ammoniacal, il se fait des oxalates doubles, beaucoup plus solubles que les précédents. Ces sels ne cristallisent qu'en liqueurs concentrées; ils peuvent être étendus de beaucoup d'eau, sans donner lieu à aucun trouble.

Ils peuvent, par conséquent, fournir des dissolutions très peu acides et cependant parfaitement limpides d'étain et d'antimoine, conditions favorables pour les analyses. Ces dissolutions d'oxalates ont quelque analogie avec celles de tartrates doubles.

L'un des moyens les plus simples de les préparer consiste à verser dans la dissolution de chlorures métalliques,

(*) *Comptes Rendus*, 26 juillet 1886.

suivant qu'elle est plus ou moins acide, de l'ammoniaque ou du chlorhydrate d'ammoniaque, puis de l'acide oxalique et enfin de l'ammoniaque jusqu'à saturation presque complète. S'il s'est fait un précipité, on le redissout par un petit excès d'acide oxalique.

Dans une semblable dissolution, l'*hydrogène sulfuré* précipite entièrement l'antimoine à l'état de sulfure orangé ; il donne avec les sels stanneux un précipité noir; il précipite incomplètement les sels stanniques, surtout si la liqueur est chaude et contient une assez forte proportion d'acide oxalique libre.

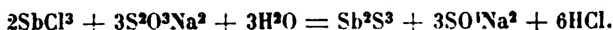
La couleur *noire* du protosulfure d'étain obtenu dans ces circonstances a attiré mon attention. Je me suis assuré que telle est bien la véritable teinte du protosulfure d'étain, lorsqu'il est absolument pur, et que la couleur brun marron, signalée dans tous les ouvrages, est due à un mélange de protosulfure noir avec une quantité plus ou moins notable de bisulfure jaune.

Si l'on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré dans une dissolution chlorhydrique de protoxyde d'étain, il se fait un précipité brun. Dans la dissolution oxalique du même sel, l'hydrogène sulfuré produit tout d'abord un précipité d'un beau noir ; mais, si on laisse refroidir en fiole bouchée, on voit peu à peu le dépôt noir de protosulfure se recouvrir d'une mince couche jaunâtre de bisulfure.

L'*hyposulfite de sodium* produit, dans une dissolution chlorhydrique d'étain à l'ébullition, un précipité blanc jaunâtre, contenant du soufre, du sulfure et de l'oxychlorure d'étain. Dans une dissolution oxalique, au contraire, il ne se dépose que du soufre ; tout l'étain reste dissous. L'acide sulfureux et l'acide sulfurique n'y produisent non plus aucune précipitation, contrairement à ce qui a lieu dans une solution chlorhydrique peu acide.

Quant aux sels d'antimoine, acidifiés soit par l'acide chlorhydrique, soit par l'acide oxalique, ils donnent, par

ébullition avec l'hyposulfite, un dégagement d'acide sulfureux et un précipité, qui, d'abord jaune, passe ensuite à l'orangé, au rouge vermillon et enfin au rouge cinabre, et qui est composé de sulfure d'antimoine mêlé de soufre (*) :



$$2SbCl^3 + 3S^2O^3Na^2 + 3H^2O = Sb^2S^3 + 3SO^4Na^2 + 6HCl.$$

En me fondant sur ces réactions et à la suite d'expériences assez nombreuses, je crois pouvoir conseiller la marche suivante pour la séparation exacte et rapide des deux métaux.

La dissolution chlorhydrique d'étain et d'antimoine est additionnée d'ammoniaque ou de sel ammoniac, comme je l'ai dit plus haut; on y verse environ 2 grammes d'acide oxalique dissous, puis de l'ammoniaque jusqu'à saturation incomplète. On étend la liqueur avec de l'eau, pour en faire environ 300 centimètres cubes ; on y verse 3 à 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique ; on chauffe à l'ébullition et on ajoute peu à peu une dissolution d'hyposulfite de sodium, qui produit avec le sel d'antimoine un précipité d'abord jaune, puis tournant au rouge.

Après quelques minutes d'ébullition, si l'on cesse de chauffer, le précipité rouge se dépose et la liqueur s'éclaircit rapidement.

En versant de nouveau quelques centimètres cubes d'hyposulfite dans la liqueur presque bouillante, on s'assure s'il se fait encore un trouble jaune, marquant une précipitation incomplète, ou seulement un trouble blanc de soufre

(*) Ce composé rouge, désigné dans les arts sous le nom de *vermillon d'antimoine*, avait été généralement considéré comme un oxysulfure d'antimoine. Mais, en 1894 (*Académie des Sciences*, 22 octobre, p. 687), M. Baubigny reconnut que c'est simplement un sulfure d'antimoine Sb^2S^3, doué d'une teinte spéciale due aux circonstances de sa formation. Il peut contenir un peu d'oxychlorure, lorsqu'il a été précipité par l'hyposulfite dans une liqueur chlorhydrique ; mais il en est exempt, si la liqueur est acidifiée par l'acide tartrique ou l'acide oxalique.

laiteux dû à la décomposition de l'hyposulfite par la liqueur acide ne contenant plus d'antimoine. Il peut enfin ne se produire aucun trouble sensible, si l'excès d'acide se trouve à peu près neutralisé. Il faut, dans ce cas, ajouter un centimètre cube environ d'acide chlorhydrique et observer, après quelques instants d'ébullition, l'aspect de la liqueur. Si elle est laiteuse et entièrement blanche, la précipitation du métal est complète. Mais, si elle prend une coloration jaune ou rougeâtre, c'est qu'il restait de l'antimoine à précipiter, et il faudra renouveler l'addition d'acide (et quelquefois celle d'hyposulfite), jusqu'à ce que le trouble formé soit entièrement blanc (*).

Le précipité mêlé de soufre est reçu sur un filtre taré, où sa consistance permet de le laver aisément.

Il reste souvent un enduit rouge adhérent aux parois de la fiole; on peut le reprendre par très peu d'acide chlorhydrique et précipiter par l'hydrogène sulfuré, ou bien le dissoudre par trois ou quatre gouttes de sulfure d'ammonium et, après dilution, décomposer par l'acide chlorhydrique. Dans l'un et l'autre cas, le précipité sera réuni au premier sur le filtre.

Le tout est converti en trisulfure Sb^2S^3 par calcination

(*) On pourrait procéder différemment, dans le but de s'épargner les tâtonnements: mettre dans la liqueur presque neutre une quantité d'hyposulfite de sodium au moins dix ou quinze fois égale à celle de l'antimoine à précipiter, chauffer à 100° et alors seulement verser dans la liqueur bouillante de l'acide chlorhydrique par petites portions jusqu'à ce que le trouble produit cessât d'être jaune et devînt complètement blanc. Mais l'opération ne serait pas terminée ainsi; l'antimoine ne serait pas complètement précipité.

Il faudrait, après décantation de la liqueur, y verser un peu d'acide azotique et chauffer pour décomposer le sel thionique; la réaction est assez vive; on la rend complète en prolongeant l'ébullition, jusqu'à ce qu'elle soit tranquille. On verse alors un peu d'hyposulfite et on voit se produire de nouveau un peu de sulfure d'antimoine qu'il faut recueillir et ajouter au précédent.

La même expérience de contrôle peut être appliquée à la suite de l'autre procédé; mais, presque toujours, il confirme que la précipitation de l'antimoine a été complète.

à température très modérée dans un courant d'acide carbonique sec, pour un dosage pondéral ; ou bien on redissout par l'acide chlorhydrique concentré et, dans la liqueur filtrée, contenant $SbCl^3$, on détermine l'antimoine par l'une des méthodes volumétriques connues.

La liqueur filtrée, après séparation de l'antimoine, renferme tout l'étain. Pendant qu'elle est encore chaude, on la sature par l'ammoniaque, on redissout le précipité par le sulfhydrate et on décompose le sulfosel par l'acide acétique. Il ne faut pas pour cela se servir d'acide chlorhydrique, dans la crainte de mettre en liberté de l'acide oxalique, qui gênerait la précipitation du bisulfure d'étain. Au bout de peu de temps, le dépôt de soufre et de sulfure est rassemblé au fond de la fiole ; il peut être reçu sur un filtre, lavé avec de l'eau et un peu de nitrate d'ammonium, puis séché et grillé dans une capsule ou un creuset de porcelaine. On pèse le bioxyde d'étain SnO^2.

XVIII

Séparation de l'antimoine et de l'arsenic (*).

Lorsque, dans une dissolution chlorhydrique d'acide arsénieux ou d'acide arsénique, chauffée vers 100°, on verse de l'hyposulfite de sodium, on remarque d'abord un trouble blanc, dû à la décomposition de ce sel, puis bientôt une coloration jaune produite par du sulfure d'arsenic. Le même phénomène se produit dans une solution acidifiée par l'acide oxalique.

La précipitation de l'arsenic est, d'ailleurs, toujours fort incomplète, à cause de la mise en liberté d'une certaine quantité d'acide sulfureux. On sait, en effet, que l'acide sulfureux et les sulfites alcalins tendent à ramener

(*) Cf. *Académie des Sciences*, 2 août 1886.

le sulfure d'arsenic récemment précipité à l'état d'acide arsénieux ou d'arsénite alcalin.

Ils réussissent plus facilement encore à empêcher la formation du précipité de sulfure d'arsenic et, si l'on a d'avance ajouté à la liqueur une solution d'acide sulfureux ou de bisulfite alcalin, il ne se forme plus aucun précipité jaune ; le soufre, qui se dépose, est entièrement exempt d'arsenic.

Dans les mêmes circonstances, la précipitation du sulfure d'antimoine est seulement retardée ; mais elle se produit encore d'une façon complète.

On peut trouver là un très bon moyen de séparation de l'antimoine et de l'arsenic.

A la dissolution chlorhydrique contenant les deux éléments on ajoute de l'oxalate (*) d'ammonium et de l'eau, puis une solution d'acide sulfureux ou de bisulfite alcalin. La liqueur est acidifiée par quelques centimètres cubes d'acide chlorhydrique ; on porte à l'ébullition et l'on verse peu à peu de l'hyposulfite de sodium, aussi longtemps qu'il se fait un trouble jaune ou rouge. Lorsque la liqueur est devenue claire et qu'une addition d'hyposulfite ou d'acide chlorhydrique n'y produit plus qu'un trouble blanc laiteux, on filtre et l'on a : d'un côté, le précipité rouge, contenant tout l'*antimoine*, dont on achève le dosage, comme il a été dit plus haut ; de l'autre, une solution renfermant tout l'acide arsénieux.

Pour doser l'*arsenic*, on ajoute un assez fort excès d'acide chlorhydrique ; on chauffe jusqu'à expulsion de l'acide sulfureux et on fait arriver un courant d'hydrogène sulfuré, qui détermine la précipitation totale du sulfure d'arsenic.

Le dosage peut être achevé soit en redissolvant par

(*) En l'absence d'étain, l'acide oxalique pourrait être remplacé par l'acide tartrique.

l'ammoniaque et précipitant de nouveau par l'acide chlorhydrique, afin de peser le sulfure d'arsenic pur, après dessiccation ; soit en traitant par l'ammoniaque et l'eau oxygénée, chauffant à 100°, pour former de l'arséniate d'ammonium, et précipitant enfin dans la liqueur filtrée par la mixture magnésienne, ou bien dosant l'acide arsénique dans la solution rendue acétique par une liqueur titrée d'azotate d'uranium.

XIX

Séparation de l'antimoine, de l'arsenic et de l'étain.

Les deux méthodes de séparation, indiquées dans les chapitres précédents, peuvent être combinées pour la séparation des trois éléments, que nous supposerons exister simultanément dans un alliage.

On n'a guère lieu, en effet, de les rencontrer ensemble dans des mélanges naturels ; car, si l'antimoine et l'arsenic se trouvent souvent ensemble dans les minéraux ou les minerais métalliques, il est fort rare, au contraire, d'y trouver associé l'étain.

Mais les alliages contiennent souvent de l'antimoine et de l'étain en proportions importantes ; l'arsenic s'y rencontre parfois aussi, mais seulement en petite quantité et, le plus ordinairement, par suite de l'impureté des métaux constituants de l'alliage. Telles sont les conditions, que nous aurons particulièrement en vue dans les explications suivantes.

Si l'alliage à analyser ne renferme pas d'autre substance, on le dissoudra directement par l'acide chlorhydrique et un peu d'acide azotique. S'il y a d'autres métaux, tels que du plomb, du zinc, du cuivre, du fer, précipitables par le sulfure de sodium ou d'ammonium, on les

séparera par l'un de ces réactifs à l'état de sulfures insolubles, puis on décomposera la dissolution des sulfosels par l'acide chlorhydrique faible, on recueillera le mélange des trois sulfures et on les traitera par l'eau régale chlorhydrique.

De l'une ou de l'autre façon, on est donc arrivé à une solution acide des trois éléments, que l'on se propose de séparer.

On ajoute quelques grammes d'oxalate d'ammonium, un peu d'ammoniaque pour neutraliser partiellement, ensuite de l'acide sulfureux ou du bisulfite de sodium, destiné à empêcher toute précipitation de sulfure d'arsenic, enfin de l'acide chlorhydrique étendu d'eau.

On porte le liquide à l'ébullition et on y verse, par petites portions, de l'hyposulfite de sodium (ou d'ammonium).

On détermine ainsi la précipitation totale de l'antimoine, en s'arrêtant lorsque la décomposition de l'hyposulfite par l'acide chlorhydrique ne donne plus qu'un trouble blanc. Le précipité est reçu sur un filtre et sert au dosage pondéral ou volumétrique de l'*antimoine*.

On chauffe de nouveau à 100°, après addition d'une quantité notable d'acide chlorhydrique, afin de décomposer entièrement l'hyposulfite et d'expulser l'acide sulfureux. Quand l'odeur de celui-ci a complètement disparu, on sépare le soufre libre par filtration et on fait arriver pendant quelques minutes un courant rapide d'hydrogène sulfuré dans la liqueur, que l'on maintient à une température voisine de 100°. Le sulfure d'arsenic, déposé à la suite de cette opération, sert au dosage de l'*arsenic*.

L'étain est resté intégralement dissous, ne pouvant être précipité par l'hydrogène sulfuré dans une solution chaude, acidifiée par l'acide chlorhydrique et l'acide oxalique. Mais, en ajoutant de l'acétate d'ammonium et soumettant de nouveau la liqueur, pendant son refroidissement, à l'action d'un courant d'hydrogène sulfuré, on y

détermine la précipitation complète de l'*étain*, que l'on reçoit sur un filtre et convertit en bioxyde d'étain, par le procédé habituel, pour doser le métal.

Cette méthode de séparation et de dosage des trois éléments est rapide et exacte. Elle permet d'apporter de grandes simplifications dans l'analyse d'alliages nombreux, tels que les alliages blancs, alliages antifriction, alliages d'imprimerie, etc.

XX

Dosage volumétrique du mercure et de l'argent au moyen de l'iodure de potassium (*).

Les chimistes possèdent d'excellentes méthodes volumétriques pour le dosage de l'argent; celles que l'on connaît pour le mercure sont beaucoup moins précises. Je me propose de faire connaître une méthode nouvelle, qui peut être appliquée à l'un ou à l'autre des deux métaux avec une exactitude presque égale. Elle donne des résultats beaucoup moins bons pour le thallium et surtout pour le palladium.

Cette méthode est fondée sur l'insolubilité des iodures dans une liqueur azotique, insolubilité qui n'est complète, même avec les deux premiers métaux, que si la liqueur ne renferme pas d'iodure alcalin en excès. C'est donc là une condition indispensable à réaliser.

J'y suis arrivé en me servant de la coloration si sensible que produit sur l'empois d'amidon la moindre trace d'iode libre.

L'iodure de potassium en solution titrée, assez étendue, est versé progressivement dans la liqueur azotique contenant le métal avec une suffisante quantité

(*) *Académie des Sciences*, 29 juillet 1889.

d'acide, et, de préférence, d'acide contenant des produits nitreux, comme celui qui a séjourné quelque temps à la lumière du jour dans un flacon de laboratoire. Dans la solution ainsi préparée on verse d'abord de l'empois d'amidon et ensuite, avec la burette, de l'iodure de potassium titré, jusqu'à ce que l'amidon soit coloré en bleu par l'iode mis en liberté par la réaction de l'acide nitreux sur l'iodure.

Jusque-là il se forme, à mesure de l'introduction de l'iodure alcalin, un iodure de mercure ou d'argent insoluble ; au moment précis où il ne reste plus de métal à transformer en iodure, le plus petit excès d'iodure alcalin donne naissance à de l'iode libre, qui colore l'amidon.

Nous allons suivre l'application de cette méthode au dosage du mercure, à celui de l'argent, et dire quelques mots des essais faits sur les sels de thallium et de palladium.

I. **Mercure.** — Tous les chimistes connaissent l'expérience de cours, où, versant alternativement dans le même liquide quelques gouttes de bichlorure de mercure et quelques gouttes d'iodure de potassium, on fait apparaître et disparaître une série de fois le précipité rouge d'iodure mercurique. Pour qu'il subsiste, il faut que le mercure et l'iode soient en proportions presque exactement correspondantes.

Nous supposerons aussi, pour le dosage à effectuer, que le mercure se trouve à l'état de sel au maximum, par exemple, de chlorure mercurique, qu'il est toujours facile d'obtenir, quel que soit l'état initial de combinaison du mercure.

La dissolution est étendue d'eau jusqu'à 100 ou 150 centimètres cubes et placée dans un vase à réaction ; on y ajoute environ 5 centimètres cubes d'acide azotique légèrement nitreux et un peu d'amidon, à l'état d'empois

clair ; puis on verse, au moyen de la burette graduée, une solution décinormale d'iodure de potassium (16^{gr},61 de sel pur par litre), en agitant constamment avec la baguette de verre.

Chaque goutte produit d'abord un précipité jaune, qui se dissout bientôt par agitation : puis le précipité tourne peu à peu au rouge et le liquide, continuellement agité par la baguette, présente une coloration d'un rouge vif. Au moment où le mercure est entièrement converti en iodure insoluble, HgI^2, le moindre excès de réactif, en présence de l'acide azotique nitreux, donne naissance à de l'iode libre, qui colore aussitôt l'amidon. Dès avant la fin de l'opération, on aperçoit, à la place où tombent les gouttes de réactif, des taches bleues et ensuite brunes, qui disparaissent d'abord rapidement, puis forment des traînées d'un brun sombre au milieu du liquide rouge et finissent par lui donner une teinte générale brunâtre. Il faut saisir le moment précis où se produit un changement de teinte, qui ne disparaît plus par agitation. Dès que ce point a été atteint, c'est-à-dire dès que l'on a versé tant soit peu d'iodure de potassium en excès, le liquide, abandonné à lui-même, reste coloré en bleu après le dépôt du précipité rouge.

Lorsqu'on sait approximativement, par une première opération semblable, quelle est la quantité de mercure à doser, il y a avantage à introduire dès l'abord la presque totalité du réactif nécessaire. On peut alors filtrer et laver à l'eau pure ; puis on ajoute l'amidon et l'acide azotique nitreux. On verse alors le complément du réactif titré, goutte à goutte, jusqu'à ce que la réaction soit terminée. L'apparition de la couleur bleue est plus facile à saisir, quand il n'y a que peu de mercure formant un précipité rouge en suspension.

Des essais synthétiques sur des quantités de mercure variant entre 0^{gr},002 et 0^{gr},100 m'ont donné des résultats

aussi satisfaisants que possible, ne laissant d'incertitude que sur les dixièmes de milligramme.

Mais il faut bien remarquer que la méthode ne convient ni en présence d'acide chlorhydrique libre, ni avec une quantité notable de chlorures alcalins; ce sont là des conditions qu'on ne doit pas perdre de vue dans la préparation de la solution à soumettre à l'essai.

II. **Argent.** — L'argent est dosé de la même manière que le mercure.

Si l'examen porte sur une matière de teneur inconnue, on fait un premier essai approximatif; cet essai n'est pas nécessaire, s'il s'agit d'une monnaie ou d'un alliage, dont on connaît le titre légal, plus ou moins approché.

D'après cette première donnée on calcule le poids de l'argent contenu dans la prise d'essai; on en fait une solution azotique, on étend à 100 centimètres cubes environ, on introduit la quantité calculée de la liqueur décinormale d'iodure de potassium et l'on agite vivement, pour rassembler, sous forme de gros grumeaux pesants, le précipité jaune clair d'iodure d'argent; on décante le liquide, on agite le dépôt avec de l'eau, qu'on décante à son tour, on réunit les liquides dans un vase à réaction, on ajoute quelques centimètres cubes d'empois d'amidon et 5 centimètres cubes environ d'acide azotique légèrement nitreux.

Si, à ce moment, la liqueur devient bleue, on la décolore exactement au moyen d'une solution centinormale d'argent ($1^{gr},700$ de nitrate par litre); si elle n'est pas colorée en bleu, on y verse d'abord de l'iodure de potassium jusqu'à apparition de la teinte bleue persistante, puis on la fait disparaître par addition de la liqueur centinormale d'argent.

J'ai obtenu de cette façon des résultats complètement satisfaisants (exacts à $0^{mgr},1$ ou $0^{mgr},2$ près), en opérant

sur des quantités connues d'argent, depuis 1 milligramme jusqu'au-delà de 200 milligrammes.

Ce procédé rappelle par certains côtés celui que M. Pisani a depuis longtemps indiqué (*) et qui est fondé sur la décoloration, par l'azotate d'argent, de l'iodure d'amidon préparé à l'avance en solution titrée.

Mais l'iodure de potassium employé ne donne pas lieu, comme l'iode libre du procédé Pisani, à la formation d'hypoiodite d'argent, cause d'incertitude dans le dosage volumétrique de l'argent, quand le métal est en quantité un peu grande.

III. **Thallium.** — Le thallium, qui forme, dans une solution azotique, un iodure jaune, moins insoluble que ceux d'argent et de mercure, peut être déterminé par la même méthode, mais avec moins de précision.

Le palladium donne naissance à des réactions semblables ; mais son iodure est tellement foncé qu'il n'est pas possible de saisir le moment où l'iode libre commence à colorer l'amidon. Le procédé de dosage volumétrique, par l'iodure de potassium, ne lui est donc pas applicable.

XXI

Nouvelles réactions caractéristiques des sels d'or ; recherche et dosage colorimétrique de très petites quantités d'or (**).

I. **Production de composés d'un rouge pourpre : sels de protoxyde d'or.** — On sait que les sels d'or, notamment le chlorure d'or, sont facilement décomposés par les corps réducteurs avec production d'or métallique. Lorsque la dissolution est franchement acide et un peu concentrée, le

(*) *Annales des Mines*, t. X, p. 83 ; 1856.
(**) *Académie des Sciences*, 2 et 16 juillet 1883.

dépôt de l'or se fait assez vite ; lorsqu'elle est, au contraire, très étendue, le précipité est tellement ténu qu'il reste très longtemps en suspension, donnant au liquide une coloration bleue par transmission et brune par réflexion. Cet effet de dichroïsme constitue un caractère sensible pour révéler la présence de l'or. On peut se servir à cet effet de l'acide sulfureux, de l'acide phosphoreux, du sulfate ferreux, etc.

Le protochlorure d'étain, mêlé de bichlorure, produit aussi une réduction sur les sels d'or ; mais le précipité offre un aspect différent ; il est brun ou de couleur pourpre : c'est le *pourpre de Cassius*. La précipitation est rapide, quand les sels employés sont en quantité notable ; elle se traduit par une simple coloration brune, lorsqu'ils sont en très petite quantité, et ce n'est alors qu'au bout d'un temps assez long que le dépôt se fait sous forme d'une couche floconneuse d'un beau rouge.

Le pourpre de Cassius a été considéré par quelques savants comme renfermant de l'or métallique très divisé, à l'état de *laque*, par d'autres comme contenant une combinaison insoluble de protoxyde d'or et d'oxydes d'étain.

Les expériences suivantes, relatives à d'autres combinaisons de l'or, serviront, je pense, par analogie, à jeter quelque lumière sur la question de l'état chimique de l'or dans le pourpre de Cassius.

Si l'on verse dans une centaine de centimètres cubes d'eau quelques gouttes d'une solution étendue de chlorure d'or, quelques gouttes d'acide arsénique, deux ou trois gouttes de perchlorure de fer et autant d'acide chlorhydrique, et si l'on introduit un fragment de zinc, on voit le liquide se colorer bientôt en pourpre au voisinage du zinc et prendre tout entier, par agitation, une belle teinte rose ou pourpre.

L'expérience ainsi conduite peut durer jusqu'à une demi-heure ; elle est terminée en quelques instants, si

l'on emploie quelques centigrammes de zinc en poudre et si l'on agite la fiole.

La coloration rose est immédiate aussi, lorsqu'on verse dans la dissolution du sel d'or, préparée de la même façon, quelques gouttes du liquide obtenu en attaquant à chaud du fer métallique par de l'acide chlorhydrique ou mieux par un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide arsénique et ajoutant de l'eau froide.

La teinte de la liqueur est d'un très beau rouge pourpre, s'il y a une quantité d'or un peu notable ; elle reste encore appréciable pour de très petites proportions. Il suffit de $0^{gr},0001$ dans 100 centimètres cubes de liquide, c'est-à-dire d'un millionième d'or, pour que la coloration soit très visible ; on peut même encore reconnaître une quantité moitié moindre.

La coloration peut d'ailleurs se produire dans des conditions assez variées :

L'acide phosphorique, employé au lieu d'acide arsénique, donne une teinte violette ou bleuâtre.

L'acide chlorhydrique seul fournit lui-même une coloration rosée, mais moins vive qu'avec addition d'acide arsénique.

D'autres influences réductives peuvent aussi produire un effet semblable ; par exemple, le contact de petites quantités d'hydrogène sulfuré, répandues dans l'atmosphère du laboratoire, ou bien le passage dans la liqueur d'un courant d'hydrogène produit par le zinc et l'acide sulfurique et incomplètement purifié. Dans ces différentes expériences on retrouve la présence de combinaisons hydrogénées, auxquelles il semble que l'on doive attribuer en partie l'effet réducteur sur le sel d'or.

Cette idée m'a conduit à essayer l'effet d'une solution aqueuse d'hydrogène phosphoré, obtenue en recevant dans l'eau pure le gaz produit par l'action d'acide chlorhydrique très étendu sur du phosphure de calcium. Cette

solution, versée peu à peu dans l'eau contenant quelques gouttes de chlorure d'or sans addition de chlorure de fer, mais avec un peu d'acide phosphorique ou d'acide arsénique, ou même sans aucune addition de substance étrangère, y fait apparaitre une belle coloration rose.

Cette coloration peut donc se produire, sous l'influence réductive de composés hydrogénés sur de simples sels d'or, sans mélange de sel ferrique ; mais elle est plus stable en présence de ce sel.

En cherchant à me rendre compte de la réaction produite sur le sel d'or primitif, je suis arrivé à cette conclusion, que le sel aurique n'éprouve qu'une réduction partielle et passe à l'état de sel aureux, simple ou complexe, qui reste dissous et auquel la présence du sel ferrique donne une stabilité assez grande.

Voici, du reste, un certain nombre de faits, sur lesquels se fonde l'interprétation que je propose.

La liqueur rose ou pourpre est parfaitement limpide, même lorsque la coloration est intense. Elle peut être filtrée sans perdre sa coloration. Elle peut être conservée très longtemps sans qu'il se fasse aucun dépôt. J'ai encore aujourd'hui, dans des fioles fermées, des échantillons toujours limpides et sans dépôt de dissolution d'un beau pourpre, que j'ai préparées il y a plus de quinze ans, en avril et mai 1883.

On voit que cette liqueur pourpre possède bien les caractères d'une véritable dissolution et non ceux d'un liquide, qui tiendrait en suspension des particules très fines de métal réduit, comme on devrait le supposer d'après la théorie qui fait du pourpre de Cassius une laque d'or en suspension dans le liquide.

Pour rester limpide, la dissolution doit être légèrement acide.

Si l'on a négligé de mettre les quelques gouttes d'acide chlorhydrique nécessaires, le liquide se trouble

lentement et il se fait un dépôt floconneux, de couleur pourpre, qui peut être séché à 100° sans décomposition apparente. Un dépôt analogue se produit aussi par neutralisation progressive, lorsqu'on laisse la liqueur primitivement acidulée au contact de zinc en excès. Il se produit enfin par l'addition de diverses solutions salines et notamment de sels ammoniacaux.

Si la liqueur est trop acide, la réaction ne réussit pas et l'on aperçoit seulement une coloration bleue, accompagnée de dichroïsme ; ce phénomène s'explique, comme je l'ai dit au début de cette note, par une réduction plus avancée de l'or, ramené à l'état métallique. Pareille décomposition s'observe, quand on cherche à redissoudre par l'acide chlorhydrique un dépôt précédemment formé. Le résultat est encore le même, si l'on verse trop vite un excès du réducteur acide dans la dissolution d'or.

Mais on peut, au contraire, employer un assez grand excès du liquide réducteur, à la condition de l'introduire par petites doses. Il semble que le sel de protoxyde d'or, une fois formé, résiste mieux que le perchlorure d'or à l'influence des réducteurs. Un autre exemple à citer est celui de l'azotate mercureux, qui précipite entièrement le perchlorure d'or, en donnant un dépôt de chlorure mercureux et d'or métallique, et qui ne produit au contraire, dans la dissolution pourpre du sel de protoxyde, qu'un précipité blanc de chlorure mercureux, la liqueur surnageante restant colorée en pourpre.

Enfin j'ai essayé de trancher la question en fixant, par un essai direct, l'état d'oxydation de l'or dans la liqueur pourpre.

J'ai fait une première expérience en prenant 10 milligrammes d'or à l'état de chlorure et opérant de la manière suivante : j'ajoute une dizaine de gouttes de perchlorure de fer, une vingtaine de gouttes d'acide arsénique et cinq à six gouttes d'acide chlorhydrique,

puis j'étends d'eau distillée jusqu'à 1 litre environ. Dans la dissolution je verse goutte à goutte, avec une pipette graduée, la liqueur ferreuse, préparée comme il est dit plus haut et seulement au moment de l'emploi, en suivant avec soin le changement de teinte de la solution, jusqu'à ce qu'elle ne paraisse plus se modifier.

Je verse aussitôt avec la pipette le même volume de la liqueur réductrice dans de l'eau acidifiée par l'acide sulfurique ; je détermine, au moyen d'une burette graduée, la quantité de permanganate de potassium qui est décolorée et, par suite, la quantité d'oxygène absorbée par le sel ferreux. Je puis donc en conclure, avec une assez grande approximation, la quantité d'oxygène qui a été cédée par le sel d'or ; il n'y a d'incertitude que sur l'instant précis où la couleur pourpre atteint son maximum d'intensité.

J'ai recommencé un essai semblable avec 25 milligrammes d'or.

Dans les deux cas, la quantité d'oxygène absorbée par le sel ferreux a été trouvée égale aux 2/3 de celle calculée pour le composé aurique Au^2O^3. Le sel réduit devait donc bien contenir l'or à l'état Au^2O.

L'analyse a été complétée de la façon suivante : dans une dissolution rouge pourpre formée avec 10 milligrammes d'or, j'ai versé de l'azotate d'ammonium, qui a fait déposer un précipité pourpre ; je l'ai reçu sur un filtre et bien lavé à l'eau pure. Je l'ai traité, humide encore, par l'acide azotique, qui a laissé l'or métallique (10 milligrammes) ; j'ai vérifié par l'azotate d'argent l'absence du chlore, puis, ayant éliminé l'argent par HCl, j'ai précipité le fer à l'état de sulfure et l'arsenic à l'état d'arséniate ammoniacomagnésien. J'ai trouvé ainsi :

Or........................	0gr,010
Peroxyde de fer..........	0 ,075
Acide arsénique..........	0 ,092

ce qui correspond à la formule



$$Au^2O,18.8Fe^2O^3,16As^2O^5.$$

Je ne pense pas qu'il faille attacher d'importance aux proportions des divers éléments contenus dans le précipité, proportions qui pourraient varier d'une expérience à une autre ; mais je crois avoir suffisamment établi que les composés pourpres, obtenus dans les conditions que j'ai définies, sont réellement des sels de protoxyde d'or Au^2O, solubles et rendus plus stables par la présence de l'acide arsénique et du sel ferrique, et qu'ils ne sont pas une laque contenant de l'or métallique, comme on l'a supposé pour le pourpre de Cassius.

J'ajouterai qu'à mes yeux l'existence de ces sels, à belle coloration rouge pourpre, solubles ou précipités, pourrait être invoquée comme un argument sérieux en faveur de l'opinion d'après laquelle le pourpre de Cassius lui-même serait aussi coloré en rouge par du stannate aureux.

II. **Recherche qualitative de l'or.** — La réaction caractéristique, sur laquelle je viens d'appeler l'attention, peut servir à révéler la présence de l'or, même en très petite quantité, dans un minerai.

Prenons, pour exemple, un échantillon de minerai quartzeux, que l'on suppose pouvoir renfermer de l'or en grains invisibles à l'œil et à la loupe. On le réduit en poudre très fine, que l'on traite par l'eau de chlore récemment préparée et aussi peu acide que possible ; on évapore la dissolution jusqu'à ce qu'elle n'ait plus aucune odeur et soit réduite à un volume de 50 à 100 centimètres cubes.

On la verse dans une petite fiole, on y ajoute deux gouttes de perchlorure de fer, deux gouttes d'acide

arsénique en dissolution, puis on introduit quelques centigrammes de poudre de zinc métallique et l'on agite la fiole.

S'il n'y a pas trace d'or dans la liqueur, elle reste incolore ; mais, s'il y en a seulement quelques dixièmes de milligramme, elle prend, au bout de peu d'instants, une teinte rose ou pourpre, dont l'intensité augmente avec la proportion de l'or.

Quand on ne voit plus se dégager de bulles gazeuses et que l'intensité de la teinte paraît être devenue stationnaire, on doit décanter le liquide, si l'on veut le conserver quelques heures ou quelques jours. Car la digestion trop prolongée au contact d'un excès de zinc déterminerait la formation d'un précipité pourpre par suite de la saturation complète de l'acide, et la liqueur se trouverait décolorée.

III. **Essai colorimétrique.** — La coloration pourpre devenant plus intense à mesure que la quantité d'or augmente, il est possible d'établir une sorte d'échelle de teintes correspondant à une série de teneurs croissantes.

On se servira, par exemple, d'une solution étendue de chlorure d'or de titre connu et on en versera dans dix petites fioles semblables des volumes mesurés, de manière à contenir 1, 2, 3, .. , 9, 10 dixièmes de milligramme d'or. On ajoutera dans chacune : 60 à 80 centimètres cubes d'eau, une ou deux gouttes d'acide chlorhydrique, deux gouttes de perchlorure de fer, deux gouttes d'acide arsénique, puis une petite pincée de zinc en poudre, prise sur le bout d'une spatule de platine ; on agitera à deux ou trois reprises, on laissera reposer quelques minutes et on décantera le liquide ; on lavera le zinc avec quelques centimètres cubes d'eau et on réunira au premier liquide coloré. Il importe que toutes les expériences soient faites dans les mêmes conditions.

Chacun des types est étendu d'eau jusqu'à 100 centimètres cubes et conservé dans un petit flacon cylindrique ; tous les flacons sont en verre incolore et de même diamètre ; ils reçoivent, sur le goulot, des étiquettes portant $\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \ldots, \frac{9}{10}, \frac{10}{10}$ de milligramme d'or. Les degrés d'intensité sont bien reconnaissables jusqu'à 1 milligramme ; au-delà, on aurait une coloration trop intense et il faudrait doubler la quantité d'eau.

C'est à ces flacons types que l'on devra comparer la teinte d'un flacon identique, contenant un égal volume de la dissolution à apprécier, qui a dû être préparée dans des conditions aussi semblables que possible.

IV. **Application à l'essai d'un minerai d'or.** — Pour apprécier la teneur d'un minerai de quartz aurifère, on fait une prise d'essai, que l'on pulvérise très finement et sur laquelle on prélève 10 ou 50 grammes, suivant la teneur présumée du minerai. S'il est supposé contenir de 20 à 100 grammes d'or à la tonne, on se contentera de 10 grammes de minerai ; on en prendra 50, si la teneur est au-dessous de 20 grammes d'or à la tonne. Dans le premier cas, les degrés de l'échelle des teintes répondront, pour le minerai, à des écarts de 10 grammes à la tonne, entre 10 et 100 grammes ; dans le second cas, à des écarts de 2 grammes à la tonne, entre 2 et 20 grammes.

On traite la poudre de minerai par 50 centimètres cubes d'eau de chlore, d'abord à froid, puis en chauffant doucement. On décante sur un filtre, on lave avec un peu d'eau, puis on évapore une partie du liquide au bain-marie, afin de bien chasser le chlore ; on fait passer dans une petite fiole, où l'on ajoute à froid, comme pour la préparation des flacons types, deux gouttes d'acide arsénique, deux gouttes de perchlorure de fer et une petite pincée de poudre de

zinc. Au bout de quelques minutes, on décante, on étend à 100 centimètres cubes et on reçoit le liquide dans un flacon semblable à ceux de la série.

On compare la teinte de ce flacon à celle des flacons types, en plaçant ceux-ci en série graduée devant une feuille de papier blanc et cherchant entre quels flacons doit s'intercaler le flacon d'essai d'après l'intensité de sa teinte. On apprécie de cette façon la teneur du liquide et par conséquent celle du minerai.

Si le minerai n'est pas seulement quartzeux, mais renferme de la pyrite ou de l'oxyde de fer et peut-être d'autres métaux, on traite la poudre destinée à l'essai par l'eau régale, afin de dissoudre toute la partie métallique. On décante, on lave la gangue et on évapore la solution jusqu'à siccité dans une capsule de porcelaine. On reprend par l'eau avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on filtre et on introduit une lame de zinc pour précipiter l'or, le cuivre et peut-être d'autres substances, comme le plomb, l'arsenic et l'antimoine. On décante avec précaution de manière à enlever la masse des sels de fer et de zinc ; on redissout le cuivre par l'ammoniaque et un peu d'eau oxygénée ; enfin on reprend le résidu par l'eau de chlore et on continue comme je l'ai indiqué plus haut.

Ce procédé ne mérite, d'ailleurs, d'être recommandé que lorsque les circonstances ne permettent pas de recourir aux essais par la voie sèche, toujours plus sûrs, à mon avis. A défaut d'appareils convenables pour ceux-ci, on pourra recourir au procédé colorimétrique et en obtenir des résultats approchés.

Il peut être utile aussi, à la suite d'un essai de voie sèche, pour apprécier la teneur en or d'un très petit bouton de métal précieux (or et argent).

Enfin il peut également servir à la suite d'un essai par amalgamation ; la volatilisation du mercure laisse au

fond de la petite cornue de verre, où elle se pratique souvent, un résidu complexe, adhérent au verre et dans lequel il n'est pas très facile de déterminer la teneur en or, si ce n'est par coupellation. On y parvient assez bien en dissolvant le résidu dans l'eau de chlore et appliquant ensuite la méthode colorimétrique.

TABLE DES MATIÈRES.

NOTES DE CHIMIE ANALYTIQUE PRÉCÉDEMMENT INSÉRÉES DANS LES *ANNALES DES MINES*.

Essai des minerais d'antimoine, 1892, I, p. 303.

Nouvelle méthode pour le dosage du fluor, 1893, I, p. 130.

Détermination du phosphore dans les aciers, les fers et les fontes, 1893, II, p. 5.

Détermination du phosphore dans les terres végétales, 1893, II, p. 11.

Emploi de l'eau oxygénée dans le dosage pondéral et le dosage volumétrique du chrome et du manganèse, 1894, II, p. 550.

Oxydation du cobalt et du nickel en liqueur alcaline. — Application au dosage volumétrique de ces métaux, 1895, I, p. 624.

Oxydation du cobalt et du nickel en liqueur ammoniacale. — Application au dosage pondéral de ces métaux, 1895, I, p. 631.

Méthodes d'analyse des fontes, des fers et des aciers, 1895, II, p. 357-540.

EMPLOI DES SELS CUIVRIQUES

POUR

L'ANALYSE DES FONTES ET DES ACIERS

Par MM. Ad. CARNOT et GOUTAL.

I. — Dosage du carbone.

Berzélius fut le premier a recommander l'emploi des sels de cuivre pour dissoudre le fer et laisser le carbone insoluble dans l'analyse de la fonte ; il conseilla de se servir d'une solution de bichlorure de cuivre sans acide libre ou d'une solution faite à équivalents égaux de sulfate de cuivre et de chlorure de sodium, en opérant à froid et renouvelant une ou plusieurs fois la solution de sel de cuivre, jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de dépôt de cuivre, soit à froid, soit à chaud, dans un intervalle de vingt-quatre heures ; le cuivre précipité doit être ensuite dissous par l'acide chlorhydrique et le bichlorure de cuivre ; le dépôt contenant le carbone est reçu sur un filtre formé de mousse de platine disposé dans un tube, puis lavé à l'acide chlorhydrique et à l'eau (*).

Pearse et, bientôt après, Creath se servirent du chlorure double de cuivre et d'ammonium avec un peu d'acide chlorhydrique pour isoler le carbone de la fonte ou de l'acier et dosèrent le carbone en l'oxydant au moyen de l'acide chromique et de l'acide sulfurique et pesant l'acide

(*) Berzélius, *Traité de Chimie;* — R. Frésénius, *Tr. d'anal chim. quant.*, p. 925 (traduction L. Gautier, 1891).

carbonique obtenu, suivant la méthode déjà connue d'Ullgren (*).

Dudley reconnut que le chlorure double de cuivre et d'ammonium, qu'on trouve dans le commerce, renferme un peu de matière organique, qui est précipitée par l'acide ajouté à la solution cuivrique et qui, s'ajoutant au dépôt de carbure, tend à exagérer la teneur en carbone de la fonte ou de l'acier.

Blair trouva de son côté que l'emploi d'une solution acide fournit pour le carbone des nombres plus élevés que celui d'une solution neutre, et cela non seulement avec le chlorure double de cuivre d'ammonium du commerce, mais encore quand ce chlorure a été purifié par plusieurs cristallisations, ce qu'il expliqua en supposant que la liqueur neutre, devenant un peu alcaline à un certain moment, dissout une quantité appréciable du carbone de la fonte ou de l'acier.

Il conseilla l'emploi du chlorure double de cuivre et de potassium avec addition de 15 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pour 200 centimètres cubes de liqueur. On devait empêcher ainsi tout dépôt de matière organique étrangère à l'acier et obtenir une attaque plus rapide sans perte de carbone (**).

Nous avons pensé qu'il était utile de vérifier l'exactitude des résultats de ces essais ; en particulier, nous avons recherché avec soin, si la présence d'un excès d'acide aussi grand que celui qui était conseillé n'entraînait aucune perte sensible de carbone.

Nos premiers essais ont porté sur deux fontes grises, réduites à l'état de sable. Nous avons fait l'attaque par une solution de chlorure double de cuivre et de potassium à 25 p. 100, à raison de 50 centimètres cubes par gramme de métal traité, en opérant sur 4 grammes.

(*) *Engin. and Mining Journal*, t. XXI et XXIII. New-York.
(**) *Chemical News*, 1891, t. LXIV.

1° ATTAQUE A FROID, EN SOLUTION NEUTRE.

Fonte A :	CO^2 obtenu	0gr,4370 0 ,4355	carbone p. 100	2,980 2,969
Fonte B :	CO^2 obtenu	0 ,4695 0 ,4705	carbone p. 100	3,201 3,208

2° ATTAQUE A FROID, EN SOLUTION ACIDE.
(5 *centimètres cubes* HCl *pour* 1 *gramme de métal*)

Fonte A :	CO^2 obtenu	0gr,4350 0 ,4345	carbone p. 100	2,966 2,963
Fonte B :	CO^2 obtenu	0 ,472 0 ,470	carbone p. 100	3,218 3,205

En solution neutre, l'attaque dura douze heures et fut accompagnée d'un dépôt d'oxyde de fer. En solution acide, agitée presque continuellement, il ne fallut que six à sept heures ; un excès d'acide avait donc, *à froid*, activé beaucoup l'opération, sans entraîner de perte sensible.

3° ATTAQUE A 70°, EN SOLUTION ACIDE (*mêmes proportions*).

Fonte A :	CO^2 obtenu	0gr,430 0 ,429	carbone p. 100	2,932 2,928
Fonte B :	CO^2 obtenu	0 ,465 0 ,467	carbone p. 100	3,170 3,184

L'attaque dura de une heure et demie à deux heures. Les nombres sont un peu plus faibles que ceux fournis par l'attaque à froid ; mais la différence n'est pas encore bien grande.

4° ATTAQUE A 90°, EN SOLUTION ACIDE.

Fonte A.	CO^2 obtenu :	0gr,4202	carbone p. 100	2,865
Fonte B.	—	0 ,4610	—	3,143

La dissolution avait demandé une heure à peine, mais avait été accompagnée d'une perte sensible.

5° ATTAQUE A L'ÉBULLITION, EN SOLUTION ACIDE.

Fonte A :	CO^2 obtenu :	0gr,4080	carbone p. 100	2,782
Fonte B :	—	0 ,4525	—	3,085

L'attaque avait été complète en trente ou quarante minutes, mais avec perte notable de carbone.

En résumé, la présence d'un excès d'acide est favorable au-dessous de 70°, puisqu'elle accélère l'attaque sans occasionner de perte sensible ; au-delà de 70° elle entraîne des pertes croissantes avec la température.

On trouvera plus loin une autre série d'essais, confirmant les résultats des premiers, mais établissant qu'avec une faible acidité (4 gouttes d'acide chlorhydrique par gramme de métal) on peut chauffer à 95° sans aucune perte appréciable de carbone.

Cette question une fois réglée, nous avons recherché si le contact du platine métallique ne pourrait pas activer la dissolution du fer, sans provoquer de perte de carbone. L'essai a réussi et, après un grand nombre d'expériences, nous croyons pouvoir recommander le dispositif suivant, comme permettant une attaque rapide et une grande sûreté dans les résultats.

On emploie pour l'attaque une fiole de verre conique de 300 centimètres cubes de capacité, ayant à la base environ 12 centimètres de diamètre, dans laquelle on a introduit à l'avance une feuille de platine circulaire, perforée au centre, de 11 centimètres de diamètre. Cette feuille a été roulée sur elle-même pour passer dans le col, puis aplatie au fond de la fiole à l'aide d'un agitateur.

La prise d'essai varie entre 2 et 5 grammes, suivant qu'il s'agit d'une fonte ou d'un acier. Le métal a été réduit en morceaux grossiers ou en copeaux. On emploie,

par gramme de métal, 50 centimètres cubes de chlorure double de cuivre et de potassium à 30 p. 100 de sel cristallisé, et on ajoute 4 à 5 gouttes d'acide chlorhydrique. La fiole est fermée par un bouchon muni de deux trous, qui livrent passage : le premier à un tube plongeant jusqu'au fond de la fiole, où il amène un courant d'acide carbonique purifié, le second à un tube de dégagement.

Pour simplifier l'installation de plusieurs essais simultanés, on peut disposer un certain nombre de ces fioles à la suite les unes des autres, en les réunissant par leurs tubes, comme des flacons laveurs, et en les plaçant sur un bain de sable ou de cailloux, de manière à les faire traverser par un seul et même courant d'acide carbonique.

La liqueur cuivrique ayant été portée quelques secondes à l'ébullition, pour chasser l'air, on laisse refroidir à 60° et on introduit les fragments métalliques pesés ; on établit le courant et on élève la température aux environs de 90-95°.

L'attaque se fait très rapidement et sans aucune perte appréciable de carbone. Des copeaux fins sont dissous en vingt minutes ; des fragments du poids de 500 à 800 milligrammes en une heure ; des morceaux de 5 grammes en deux heures et demie.

Le courant d'acide carbonique a le double avantage d'agiter constamment le liquide, ce qui hâte beaucoup la dissolution, et de former dans chaque fiole une atmosphère non oxydante, grâce à laquelle on évite la production d'hydrate ferrique, toujours observée lorsque l'attaque se fait au contact de l'air. Le disque mince de platine, agissant comme un élément de pile, facilite aussi beaucoup l'attaque du métal qu'il touche.

Lorsque le dépôt de cuivre, formé au début de l'opération, a complètement disparu, on recueille sur un filtre d'amiante le carbone resté insoluble, on le lave avec du chlorure acide et dilué, puis avec de l'eau bouillante ; on

essore vigoureusement à la trompe et on brûle finalement dans un courant d'oxygène, en ayant soin d'arrêter la vapeur d'eau par un tube en U, dont les deux branches droites contiennent de la ponce sulfurique, et la partie courbe du sulfate de cuivre déshydraté à 200°, destiné à absorber les vapeurs chlorhydriques, comme l'a indiqué Blair (*). L'acide carbonique est retenu dans un appareil pesé, comprenant un tube absorbeur à potasse et un second tube à ponce sulfurique, celui-ci destiné à ramener le gaz au même état de dessiccation que le premier, afin d'être sûr que l'augmentation de poids des deux derniers tubes correspond exactement au poids de l'acide carbonique.

Nous avons effectué, avec ce nouveau dispositif, un grand nombre d'essais, en faisant varier les conditions d'acidité du liquide et la température.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous. La proportion de chlorure double a toujours été la même pour 1 gramme de métal; mais dans les quatre premières séries d'expériences (lignes horizontales), nous avions ajouté 5 centimètres cubes et dans la cinquième série nous n'avons employé que 4 gouttes d'acide chlorhydrique par gramme de métal.

Les échantillons soumis aux essais étaient fort différents les uns des autres. L'analyse avait donné en effet :

	ACIER 1	ACIER 2	ACIER 3	FONTE 4	FONTE 5
Carbone	0,831	0,450	0,717	graphite 3,05 combiné 1,00	0,60 2,43
Silicium	0,400	0,112	0,310	1,720	0,610
Phosphore ..	0,020	0,040	0,046	0,058	0,052
Soufre......	0,016	0,013	0,034	0,035	0,065
Manganèse..	0,520	0,720	0,730	2,940	2,080
Tungstène ..	traces	2,060	»	»	»

(*) *Méthodes d'analyse des fontes, des fers et des aciers*, par Ad. CARNOT (*Annales des Mines*, 2e sem. 1895).

DOSAGE DU CARBONE AU MOYEN DE $CuCl^2.2KCl.2H^2O$.

Avec 5cc HCl	ACIER 1		ACIER 2		ACIER 3		FONTE 4		FONTE 5	
	CO^2 trouvé	C p. 100	CO^2	C p. 100	CO^2	C p. 100	CO^2	C p. 100	CO^2	C p. 100
Sans Pt et CO^2 à froid......	gr 0,1505	0,821	gr 0,0820	0,448	gr 0,1320	0,720	gr 0,2955	4,03	gr 0,224	3,05
Avec Pt et CO^2 à froid......	0,1515	0,826	0,0825	0,450	0,1310	0,715	0,2933	4,00	»	»
A 60°.........	0,1408	0,768	0,0815	0,445	0,1290	0,703	0,2903	3,96	0,222	3,03
A l'ébullition..	0,1315	0,717	0,0800	0,436	0,1215	0,663	»	»	0,2104	2,87
Avec 4 gouttes HCl à 95°....	0,1525	0,831	0,0825	0,450	0,1314	0,717	0,2970	4,05	0,2220	3,03

La durée de l'attaque a été la suivante dans chaque série d'expériences :

En solution acide et froide, en l'absence de platine........	de 6 à 15 heures.
En solution acide et froide, avec platine et CO^2.........	de 3 à 5 heures.
En solution acide à 60°, avec platine et CO^2..............	de 3/4 d'heure à 1 heure.
En solution acide à l'ébullition avec platine et CO^2.........	de 20 à 30 minutes.
En solution très faiblement acide à 95°, avec platine et CO^2.	de 30 à 45 minutes.

On voit, par cette comparaison, que l'emploi d'une solution de chlorure double très peu acide et chauffée à 95°, en présence d'une feuille de platine et d'un courant d'acide carbonique, fournit les meilleurs résultats dans l'espace d'une demi-heure à trois quarts d'heure ; il offre de sérieux avantages sur les autres modes d'emploi du même réactif pour le dosage du carbone.

Nous ferons observer, en terminant, que, pour des recherches délicates, il convient de brûler le résidu charbonneux après l'avoir simplement essoré à la trompe,

sans dessiccation proprement dite. Une dessiccation à l'étuve, vers 100°, occasionne souvent une perte appréciable en carbone, comme on peut le voir par les résultats suivants, trouvés avec les mêmes échantillons, traités de façon identique d'ailleurs :

	ACIER 1	ACIER 2	ACIER 3	FONTE 4	FONTE 5	FONTE A
Sans dessiccation préalable	0,831	0,450	0,717	4,05	3,03	2,97
Après passage à l'étuve...	0,821	0,445	0,715	4,03	2,95	2,96

II. — Dosage du soufre.

La méthode consistant à dissoudre le fer, pour doser le soufre dans le résidu, a déjà, depuis longtemps, été recommandée par Gintl, qui employait le perchlorure de fer acide (*); par Meineke, qui lui substitua le bichlorure de cuivre avec chlorure de sodium (**); elle a été reprise plus récemment par quelques auteurs, qui ont cherché à accélérer l'attaque en chauffant et acidifiant la liqueur.

On arrive plus rapidement et plus sûrement à des résultats exacts en employant le même dispositif que pour le carbone.

Après attaque par la solution de chlorure cupropotassique très faiblement acidifiée, chaude, constamment remuée et préservée de l'oxydation par un courant lent d'acide carbonique et en présence d'une feuille de platine, le soufre se trouve tout entier dans le résidu insoluble. Nous avons observé qu'il peut être en partie à l'état de sulfure de fer : mais surtout, en général, à l'état de sulfure de cuivre, provenant de la transformation du sulfure de manganèse par le sel cuivrique.

(*) *Zeitschrift für analytische Chemie*, t. VII, p. 427.
(**) *Ibid.*, t. X, p. 280.

Lorsque le résidu insoluble a été isolé sur un filtre d'amiante et lavé comme précédemment, on le traite par un mélange formé de 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique, 15 centimètres cubes d'eau, 1 centimètre cube de brome. On laisse quelque temps à froid, puis on élève lentement la température, et l'on chauffe à l'ébullition pour chasser le brome. On neutralise la solution filtrée par l'ammoniaque pure ; on revient en arrière par quelques gouttes d'acide chlorhydrique et l'on précipite à l'ébullition par le chlorure de baryum. Le précipité ne contient, en général, que des traces insensibles de silice et peut être directement pesé après lavage et calcination. La purification, si on la jugeait utile, se ferait aisément par addition de quelques gouttes d'acide fluorhydrique ou de quelques grains de fluorure d'ammonium et d'un peu d'acide sulfurique, qu'on chasserait ensuite par évaporation.

« Cette méthode fournit, pour les teneurs moyennes, un dosage du soufre aussi bon que la méthode d'oxydation *directe* (Arnold) ou la méthode dite d'*évolution* (Rollet-Campredon) ; mais, tandis que la première exige environ deux journées, elle ne demande que trois heures ; il est vrai que la méthode d'évolution est plus rapide encore et exige à peine une heure, parce qu'elle remplace la pesée par une évaluation volumétrique ; mais elle nécessite une installation compliquée, difficile à réaliser en dehors des laboratoires spécialement consacrés à ce genre de travaux.

Nous donnons, dans le tableau suivant, les résultats comparatifs obtenus sur différentes variétés de fontes et d'aciers en employant quatre méthodes : 1° l'attaque directe par l'eau régale, suivie de la précipitation par le chlorure de baryum, déjà reconnue défectueuse par plusieurs chimistes comme occasionnant une perte sensible en soufre, entraîné avec les produits gazeux dégagés pendant l'attaque ; 2° l'oxydation directe par l'acide

azotique en présence de brome et de chlorate de potassium, suivant la méthode d'Arnold, modifiée par Campredon (*) ; 3° l'attaque par l'acide chlorhydrique, le passage du gaz avec acide carbonique et hydrogène dans un tube de porcelaine chauffé au rouge, le barbotage dans une solution d'acétate de zinc et le dosage du sulfure formé au moyen de solutions titrées d'iode et d'hyposulfite de sodium (procédé Rollet-Campredon) ; 4° le traitement par le chlorure double de cuivre et d'ammonium avec oxydation ultérieure du résidu sulfuré et dosage de l'acide sulfurique, comme nous venons de l'indiquer :

	EAU régale	PROCÉDÉ Arnold	PROCÉDÉ Campredon	$CuCl^2 2KCl$
Fonte grise	0,115	0,126	0,126	0,129
Fonte blanche	0,220	0,231	0,230	0,232
Fonte manganésée	»	0,032	0,034	0,034
Fonte très phosphoreuse	0,024	0,029	0,030	0,030
Fonte avec 1,60 p. 100 de cuivre	0,134	0,142	0,146	0,147
Acier avec 1,42 p. 100 de cuivre	»	0,021	0,022	0,024
Acier Martin	0,055	0,062	0,064	0,065
Acier avec 4,65 p. 100 de nickel	0,016	0,025	0,024	0,027
Acier avec 4,80 p. 100 de chrome	0,081	0,092	0,089	0,094
Acier avec 5,60 p. 100 de tungstène	»	0,011	0,012	0,014

On peut se demander s'il n'y aurait pas intérêt à employer, avec le chlorure double, plus ou moins d'acide que nous n'en avons indiqué (4 ou 5 gouttes par gramme de métal).

Les essais faits sur un acier Martin nous ont montré

(*) Nous avons pu nous assurer, au cours de ce travail, que le nickel, le chrome, le tungstène et même le cuivre en petite quantité (au-dessous de 1,60 p. 100) ne nuisent pas sensiblement à l'exactitude du dosage du soufre par les méthodes Arnold et Rollet-Campredon. Le sulfure de cuivre, insoluble dans le mélange d'acide sulfurique et chlorhydrique étendus, s'attaque bien lorsqu'il s'y trouve en présence d'un très grand excès de fer métallique.

qu'une quantité croissante d'acide donne lieu à une perte croissante de soufre, sans doute par dégagement de produits organiques sulfurés. Nous avons trouvé :

Avec 4 à 5 gouttes d'acide.......	0,064 p. 100 de soufre.
Avec 1 centimètre cube d'acide..	0,063
Avec 5 — ..	0,059
Avec 15 — ..	0,057

D'autre part, l'emploi d'une solution tout à fait neutre n'est pas à conseiller, parce qu'il y aurait attaque lente et dépôt à peu près inévitable d'hydrate ferrique, qui rendrait le dosage final moins commode.

Au lieu de faire l'oxydation du résidu sulfuré par voie humide, on pourrait l'opérer par voie sèche, soit en fondant avec du nitre, soit en brûlant par un courant d'oxygène ou d'air pur traversant ensuite une colonne de soude, comme l'ont fait Berthelot et André pour la recherche du soufre et du phosphore dans les terres végétales. Mais il ne nous est pas arrivé jusqu'ici de trouver dans les fontes ou les aciers de composés sulfurés organiques résistant à l'action de l'acide chlorhydrique et du brome.

III. — Dosage du phosphore.

L'emploi de la solution de chlorure double de cuivre et de potassium, dans un état de neutralité parfaite, permet de laisser la totalité du phosphore dans le résidu insoluble à l'état de phosphure de fer. Notre procédé ne diffère pas, en principe, de celui de Gintl et surtout de Meineke ; mais l'emploi de notre dispositif permet d'obtenir une attaque rapide, sans emploi d'acide et sans dépôt d'hydrate ferrique. On peut, à l'exemple de ces auteurs, effectuer le dosage du phosphore après celui du soufre, sur le résidu d'une seule et même opération.

Pour le dosage spécial du phosphore nous conseillons d'opérer de la manière suivante :

Traiter le résidu, après lavage, par l'acide azotique et le brome, filtrer, porter à l'ébullition avec quelques décigrammes d'acide chromique pour détruire les composés carburés, saturer par l'ammoniaque et revenir en arrière par quelques gouttes d'acide azotique, enfin précipiter par 50 centimètres cubes de liqueur nitromolybdique à la température de 45° environ. De nombreux essais nous ont montré que, dans ces conditions, à température très modérée et en présence de très peu de fer, le précipité de phosphomolybdate a sa composition normale ; il peut être recueilli directement sur un filtre taré, lavé à l'eau azotique au centième, essoré à la trompe, séché à 100° et pesé. La silice se trouve éliminée, sans que l'on ait besoin d'une évaporation à sec ; l'arsenic, s'il y en avait dans le métal, passe entièrement en dissolution dans le sel cuivrique, ce qui peut même fournir un moyen exact de séparation de l'arsenic et du phosphore.

IV. — Dosage du chrome.

Le chrome des aciers chromés et assez fortement carburés reste complètement insoluble, quand on fait l'attaque dans les conditions précédemment indiquées, pourvu que l'on emploie une dissolution cuivrique absolument neutre. On peut ensuite attaquer le résidu lavé et calciné par du peroxyde de sodium (méthodes Clarck, Saniter, Benazet), reprendre par l'eau la masse fondue, faire bouillir, puis doser l'acide chromique par l'eau oxygénée ou le sel de Mohr.

L'ensemble des opérations demande de deux à trois heures environ. Cette méthode est particulièrement avantageuse dans le cas des aciers, dont la faible teneur en chrome rend difficile l'attaque directe par le peroxyde

de sodium. Malheureusement elle ne convient qu'aux aciers riches en carbone; avec les produits peu carburés, le réactif cupropotassique dissout toujours une quantité sensible de chrome, qui échappe ainsi au dosage.

V. — Dosage du tungstène et du titane.

Le tungstène et le titane restent également dans la partie laissée insoluble par le chlorure cuivrique, lors même que celui-ci serait sensiblement acide.

Ils y sont à l'état de composés oxydés, si la teneur est faible ; à l'état métallique, en grande partie, dans le cas de teneurs élevées.

Il suffit d'attaquer le résidu calciné, débarrassé de silice par l'acide fluorhydrique, à l'aide d'un mélange d'azotate et de carbonate de potassium, dans les proportions de 8 et 2 parties, comme l'a indiqué Defacqz (*), puis de reprendre par l'eau; l'acide tungstique, entièrement dissous, est alors précipité sous forme de tungstate mercureux, qu'on lave bien et calcine en atmosphère oxydante pour peser l'acide tungstique pur. L'acide titanique, resté insoluble, est fondu avec du bisulfate de potassium. La solution aqueuse, contenant du sulfate ferrique, est réduite par l'acide sulfureux, puis additionnée d'acétate de sodium et portée à l'ébullition; l'acide titanique précipité est recueilli, calciné et pesé.

Quand les précipités sont très faibles et que l'on hésite sur leur véritable nature, on peut les caractériser par la méthode qui a été donnée par Lucien Lévy pour l'acide titanique (**) et par Defacqz pour l'acide tungstique (***). On traite le précipité calciné et pesé par un grain de bisulfate et 8 à 10 gouttes d'acide sul-

(*) *Comptes Rendus*, 16 novembre 1896, p. 823.
(**) *Ibid.*, 3 août 1896, p. 309.
(***) *Ibid.*, 29 novembre 1886.

furique, on chauffe doucement jusqu'aux vapeurs sulfuriques ; après refroidissement on ajoute un cristal d'hydroquinone et on voit alors se produire une teinte rouge cramoisi avec l'acide titanique et violet améthyste avec l'acide tungstique.

En traitant directement par l'ammoniaque concentrée et chaude la partie laissée insoluble par le chlorure cuivrique, puis évaporant cette solution, on peut retrouver dans le résidu des traces d'acide tungstique, qu'aucune autre méthode n'aurait permis de déceler. Ce résidu étant, en général, souillé par un peu de silice et d'oxyde de fer, on le chauffe avec un grain de bisulfate et 8 gouttes d'acide sulfurique ; après refroidissement on ajoute un peu d'hydroquinone, et, en remuant avec l'agitateur, on voit apparaître une teinte violet améthyste très intense, qui marque la présence de simples traces d'acide tungstique.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ALLEMAGNE ET DU LUXEMBOURG EN 1897 (*).

	PRODUCTION	VALEUR sur place	PRIX moyen
Substances minérales.			
	ton. métr.	francs	fr. c.
Combustibles minéraux. { Houille..	91.007.624	798.296.689	8,77
Combustibles minéraux. { Lignite..	29.423.432	81.509.184	2,77
Minerai asphaltique..............	61.645	465.598	7,55
Pétrole..........................	23.303	1.717.626	73,71
Graphite	3.861	325.340	84,26
Minerai de fer...................	10.099.202	63.063.043	5,94
— de zinc........................	663.850	20.764.069	31,28
— de cuivre......................	700.619	23.382.655	33,37
— de plomb.......................	150.179	16.009.111	106,60
— d'étain........................	55	18.379	334,15
— de cobalt, nickel et bismuth.	3.356	687.527	204,86
— d'urane et de wolfram.....	38	41.075	1.080,92
— de manganèse..........	47.007	575.400	12,24
— d'arsenic..............	3.777	275.627	72,97
— d'or et d'argent..........	9.708	1.787.293	184,10
Pyrite de fer....................	133.302	1.185.909	8,89
Sel.............................	1.306.744	18.871.398	14,44
Minerai de fer (Luxembourg)......	5.349.010	13.756.861	2,57
Métaux.			
Fonte...........................	6.007.083	382.046.227	63,60
Fer et acier puddlés.............	1.118.807	185.102.230	165,44
Fer et acier fondus..............	5.107.253	748.873.665	146,63
Zinc............................	150.739	62.086.123	411,88
Cuivre..........................	29.408	37.123.252	1.262,35
Plomb...........................	118.881	35.227.881	296,33
Litharge........................	3.341	1.051.395	314,70
Étain...........................	922	1.416.120	1.524,35
Antimoine et manganèse..........	1.665	1.036.862	622,74
Nickel, cobalt et bismuth........	1.464	7.342.297	5.015,23
Cadmium.........................	16	217.190	13.984,00
Arsenic.........................	2.989	1.333.069	446,00
	kilogr.		
Or..............................	2.781	9.517.107	3.422,19
Argent..........................	448.068	44.736.898	99,84
	tonnes		
Fonte (Luxembourg)..............	872.458	48.528.398	55,62

(*Extrait de la* Statistik des Deutschen Reichs, Jahrgang 1898.)

(*) Renseignements provisoires.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES, CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 1er juin 1898, portant réorganisation du comité consultatif des chemins de fer.

RAPPORT

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Paris, le 31 mai 1898.

Monsieur le Président,

Le comité consultatif des chemins de fer, institué par un décret du 31 janvier 1878 en vue de l'étude des diverses questions que soulève l'exploitation commerciale des chemins de fer, est actuellement régi par le décret du 18 septembre 1893 (*).

Aux termes de ce décret, les membres du comité sont nommés pour deux ans. Ils peuvent d'ailleurs être renommés.

Les pouvoirs des membres en fonction étant actuellement expirés, il importe de reconstituer le comité pour une nouvelle période de deux années.

Ce moment m'a paru favorable pour vous proposer de renforcer la composition du comité, en y faisant une place plus large à la représentation de l'agriculture.

Les questions de tarifs, qui constituent la principale des attributions du comité, présentent une importance capitale pour l'agriculture aussi bien que pour le commerce et pour l'industrie. Or, tandis que ces deux dernières branches de l'activité écono-

(*) Volume de 1893, p. 485.

mique du pays sont largement représentées dans le comité, la représentation de l'agriculture est demeurée jusqu'à ce jour fort réduite.

Le Gouvernement actuel, dès son arrivée aux affaires, s'est efforcé d'obtenir et a effectivement obtenu des compagnies de chemins de fer de notables réductions sur les tarifs qui intéressent plus particulièrement l'agriculture. Mais de nouvelles modifications aux tarifs actuellement existants sont encore désirables. Le Gouvernement est décidé à en poursuivre l'étude. Il ne saurait dans cette œuvre s'entourer de trop de lumières. J'estime donc qu'il y a lieu de faire dans le comité une place plus large aux représentants autorisés des intérêts agricoles et d'y appeler les représentants de la Société nationale d'encouragement à l'agriculture, de la Société des agriculteurs de France et de la Société générale des viticulteurs de France.

J'estime, d'autre part, qu'il y a lieu de renforcer la représentation des chambres de commerce des départements de façon à faire une place à certaines chambres fort importantes en élevant de six à huit le nombre de celles dont le président sera admis à siéger au comité.

Le développement des voies ferrées dans les colonies doit appeler toute l'attention du gouvernement. Je considère, par suite, que le ministre des colonies devrait être représenté dans le comité.

Enfin, je considère qu'il y a lieu de rétablir la représentation au comité du ministère de la guerre, supprimée par le décret de 1895, et de porter de trois à quatre le nombre des rapporteurs-adjoints pris parmi les auditeurs au Conseil d'État qui, aux termes du décret de 1893, sont chargés d'étudier les questions d'ordre secondaire dont le nombre va sans cesse en augmentant.

Les autres dispositions du décret du 18 septembre 1893, qui fixent le mode de renouvellement du comité, ses attributions et son fonctionnement, répondent convenablement à tous les besoins et n'exigent aucune modification.

Si vous voulez bien adopter ces mesures, j'ai l'honneur de vous prier de revêtir de votre signature le décret ci-joint.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mon profond respect.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Le Président de la République française,

Vu le décret du 31 janvier 1878, instituant un comité consultatif des chemins de fer;

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Décrète :

Art. 1er. — Le comité consultatif est composé de sept membres de droit (*) et de soixante-huit membres nommés par décret.

Sont membres de droit :

Le président de la commission des chemins de fer du Sénat;

Le président de la commission des chemins de fer de la Chambre des députés;

Le président de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie du conseil d'État;

Le directeur des chemins de fer au ministère des travaux publics;

Le directeur des routes, de la navigation et des mines au ministère des travaux publics;

Le directeur du personnel et de la comptabilité au ministère des travaux publics;

Le directeur des chemins de fer de l'État.

Les membres nommés par décret comprennent :

22 membres du Parlement, dont 8 sénateurs et 14 députés;

2 membres du conseil d'État de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie;

2 membres de la cour des comptes;

5 représentants du ministère des finances;

4 représentants du ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes;

1 membre de la chambre de commerce de Paris;

Le président du tribunal de commerce de Paris;

8 membres des chambres de commerce des départements :

4 représentants du ministère de l'agriculture;

1 représentant de la Société nationale d'encouragement à l'agriculture;

1 représentant de la Société des agriculteurs de France;

1 représentant de la Société générale des viticulteurs de France;

2 représentants du ministère des colonies;

1 représentant du ministère de la guerre;

(*) Voir *infrà*, p. 379, le décret du 13 juin 1898.

3 membres du corps des ponts et chaussées;

1 membre du corps des mines;

1 représentant de l'industrie minière;

2 représentants de la navigation intérieure;

3 ingénieurs civils;

1 membre de la commission permanente du congrès international des chemins de fer;

2 ouvriers ou employés des compagnies de chemins de fer.

Art. 2. — Les inspecteurs généraux chargés de la direction des services de contrôle de l'exploitation des chemins de fer ont entrée dans le comité avec voix délibérative pour les affaires de leur service et voix consultative pour les autres affaires.

Un secrétaire avec voix délibérative et deux secrétaires adjoints avec voix consultative, pris parmi les maîtres des requêtes ou les auditeurs au conseil d'État, sont attachés au comité par arrêté ministériel.

4 auditeurs au conseil d'État, nommés par arrêté ministériel, sur la présentation du vice-président du comité, sont adjoints, en qualité de rapporteurs, pour les affaires d'importance secondaire. Ils ont voix consultative.

Art. 3. — Le comité est présidé par le ministre des travaux publics.

Un vice-président est nommé chaque année par arrêté ministériel pour présider les séances en l'absence du ministre, assurer la marche du service et désigner les rapporteurs.

Art. 4. — Les membres du comité consultatif sont nommés pour deux ans. Les membres sortants peuvent être renommés.

Art. 5. — Cesseront de plein droit de faire partie du comité les membres qui n'exerceront plus les fonctions qui ont motivé leur nomination.

Ils seront immédiatement remplacés par des membres choisis dans les catégories qu'ils représentaient eux-mêmes, conformément aux dispositions de l'article 1er.

Art. 6. — Le comité est nécessairement consulté:

Sur l'homologation des tarifs;

Sur l'interprétation: 1° des lois et règlements relatifs à l'exploitation commerciale des chemins de fer; 2° des actes de concession; 3° des cahiers des charges;

Sur les rapports des administrations de chemins de fer entre elles ou avec les concessionnaires des embranchements;

Sur les traités passés par les administrations de chemins de fer et soumis à l'approbation du ministre;

Sur la demande en autorisation d'émission d'obligations;

Sur les demandes d'établissement de stations ou de haltes sur les lignes en exploitation ;

Sur les réclamations relatives à la marche des trains;

Sur les vœux ou pétitions tendant à la création de nouveaux trains.

Art. 7. — Le comité délibère, en outre, et fournit son avis sur toutes les autres questions qui lui sont soumises par le ministre, relativement à l'établissement et à l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général, d'intérêt local ou des tramways, notamment sur le mode à adopter pour la mise en exploitation des lignes nouvelles, sur le rachat des concessions ou la fusion des compagnies. Il donne également son avis sur toutes les questions relatives à l'organisation, par les soins des compagnies, de caisses de retraites, d'économats et toutes autres institutions analogues.

Art. 8. — Le comité délibère sur un rapport écrit, présenté par un des membres, ou par un des secrétaires, ou par un des auditeurs au conseil d'État, adjoints comme rapporteurs.

Des sous-comités institués par arrêtés ministériels peuvent être chargés d'émettre, aux lieu et place du comité, un avis sur les affaires de moindre importance.

Art. 9. — Le comité peut, avec l'assentiment du ministre, procéder à des enquêtes.

Il entend les représentants des administrations de chemins de fer ainsi que ceux du commerce et de l'industrie, toutes les fois qu'il le juge utile pour éclairer ses délibérations. Il les convoque soit spontanément, soit sur leur demande.

Art. 10. — Le comité se réunit, en dehors de la période des vacances, au moins une fois par semaine et aussi souvent que les besoins du service l'exigent.

Art. 11. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 1er juin 1898.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,

TURREL.

Par décrets en dates des 1er et 5 juin 1898, sont nommés membres du comité consultatif des chemins de fer :

MM.
Loubet, sénateur.
Monis, sénateur.
Huguet, sénateur.
Mir, sénateur.
Prevet, sénateur.
Reymond, sénateur.
Waddington (Richard), sénateur.
Franck-Chauveau, sénateur.
Aynard, député.
Cochery, député.
Etienne, député.
Guillain, député.
Jonnart, député.
Lasserre, député.
Laroze, député.
Lebret, député.
Ricard (Henri), député.
Sibille, député.
Thomson, député.
Fleury-Ravarin, député.
Krantz, député.
Cotelle, conseiller d'État.
Colson, conseiller d'État.
George, président de chambre à la cour des comptes.
Tisserand, conseiller maître à la cour des comptes.
Bousquet, directeur général des douanes.
Courtin, inspecteur des finances.
Laurent, directeur général de la comptabilité publique.
Machart, inspecteur général des finances.
Pallain, gouverneur de la Banque de France.
Ansault, administrateur de l'exploitation postale au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.
Chandèze, directeur du commerce, au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.
Moreau, chef du contentieux à l'Exposition de 1900.
Nicolas, directeur du travail et de l'industrie au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.
Lainey, membre de la chambre de commerce de Paris.

Brunet, président de la chambre de commerce de Bordeaux.

Courtois de Viçose, président de la chambre de commerce de Toulouse.

Estève (Louis), président de la chambre de commerce de Cette.

Herbart, président de la chambre de commerce de Dunkerque.

Feraud, président de la chambre de commerce de Marseille.

Latham, président de la chambre de commerce du Havre.

Le Bourgeois, président de la chambre de commerce de Dieppe.

Rogé, président de la chambre de commerce de Nancy.

Goy, président du tribunal de commerce de la Seine.

Benard (Jules), agriculteur, membre du conseil supérieur de l'agriculture et de la société nationale d'agriculture.

Daubrée, directeur des forêts au ministère de l'agriculture.

Vassilière, directeur de l'agriculture au ministère de l'agriculture.

Tallavignes, ingénieur agronome, directeur de l'école d'agriculture, Toulouse (Haute-Garonne).

De Lagorsse, ancien député, secrétaire général de la société nationale d'encouragement à l'agriculture.

De Vogüé (marquis), président de la société d'agriculture de France.

Cazelles, secrétaire général de la société des viticulteurs de France et d'ampélographie.

Lebon (André), ancien ministre du commerce et des colonies.

Dislère, conseiller d'État.

Gonse, général de division, sous-chef d'état-major général de l'armée.

Bompard, directeur des consulats et des affaires commerciales au ministère des affaires étrangères.

Doniol, inspecteur général des Ponts et chaussées.

Holtz, inspecteur général des ponts et chaussées.

Ricour, inspecteur général des ponts et chaussées.

Orsel, inspecteur général des mines.

Fayol, directeur de la Société concessionnaire des mines de Commentry et de Decazeville.

Couvreur, président de la chambre syndicale de la marine (navigation intérieure).

Papelier, fondateur des docks nancéens.

Armez, ingénieur civil.

Lahaye, ingénieur civil.

Grüner, ingénieur civil.

Griolet, membre de la commission permanente du congrès international des chemins de fer.

Pérochau, ouvrier ajusteur dans les ateliers de la compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

Guimbert, président de la Fédération générale française professionnelle des mécaniciens et chauffeurs des chemins de fer et de l'industrie.

Décret du Président de la République, du 5 *juin* 1898, *autorisant la Cie fermière de l'établissement thermal de Vichy, à se transformer en société anonyme dans les termes des lois des* 24 *juillet* 1867-1er *août* 1893.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes ;

Vu le décret du 27 décembre 1862 (*), portant autorisation de la société anonyme formée à Paris sous la dénomination de « compagnie fermière de l'établissement thermal de Vichy » et approbation de ses statuts ;

Vu le décret du 25 juin 1864 (**), portant modification desdits statuts ;

Vu l'extrait de la délibération, en date du 15 février 1896, par laquelle l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires de la société susdénommée a voté la transformation de ladite société en société anonyme, dans les termes de la loi du 24 juillet 1867 (***) ;

Vu la loi du 24 juillet 1867 sur les sociétés et, notamment, l'article 46, paragraphe 2, qui dispose que les sociétés anonymes existant lors de la promulgation de la loi pourront se transformer, dans les termes de ladite loi, en observant les formes prescrites pour la modification de leurs statuts et en obtenant l'autorisation du Gouvernement ;

Vu la loi du 1er août 1893 (****) ;

Vu l'avis du ministre de l'intérieur, en date du 16 mars 1898 ;

(*) Volume de 1863, p. 43.
(**) Volume de 1864, p. 176.
(***) Volume de 1867, p. 290.
(****) Volume de 1893, p. 455.

Vu l'avis du ministre des travaux publics, en date du 26 avril 1898;

Le conseil d'État entendu,

Décrète :

Art. 1er. — Est autorisée la transformation de la compagnie fermière de l'établissement thermal de Vichy en société anonyme dans les termes des lois des 24 juillet 1867 et 1er août 1893, telle que cette transformation résulte de la délibération susvisée.

Un extrait de cette délibération restera annexé au présent décret.

Art. 2. — Le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois*, publié au *Journal officiel* de la République française et dans un journal d'annonces judiciaires des départements de la Seine et de l'Allier et enregistré, avec l'extrait de la délibération susvisée, au greffe du tribunal de commerce et de la justice de paix du siège social.

Fait à Paris, le 5 juin 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,
Henri BOUCHER.

Décret du Président de la République, du 9 *juin* 1898, *portant création, au ministère des Finances, d'un service spécial dit « service du renouvellement ou de la revision et de la conservation du cadastre ».*

Le Président de la République française,

Vu la loi du 27 mars 1898 (*), tendant à rendre plus rapide et plus économique la revision du cadastre, notamment l'article 1er ainsi conçu:

« Il sera inscrit annuellement au budget du ministère des finances, pour concourir aux frais de renouvellement ou de revision et de conservation du cadastre, un crédit qui sera affecté :

(*) Voir *suprà*, p. 93.

« 1° A l'entretien d'un service dit « du renouvellement ou de la revision et de la conservation du cadastre » ;

« 2° A l'allocation de subventions aux communes qui, cadastrées depuis trente ans au moins, demanderont le renouvellement ou la revision de leur cadastre et s'engageront à en assurer la conservation » ;

Sur le rapport du ministre des finances.

Décrète :

Art. 1er. — Il est créé au ministère des finances, pour l'exécution de la loi du 17 mars 1898, un service spécial, dit « service du renouvellement ou de la revision et de la conservation du cadastre ».

Art. 2. — Le directeur général des contributions directes est chargé, sous l'autorité du ministre des finances, de l'organisation et de la direction du service du renouvellement ou de la revision et de la conservation du cadastre.

Un comité consultatif dit « comité du cadastre » est institué auprès du ministre des finances. Il comprend des membres du Parlement, des représentants des services publics intéressés et autres personnes compétentes, désignés par le ministre des finances.

Art. 3. — Les levers cadastraux sont appuyés sur une triangulation spéciale dérivant de la grande triangulation dite de l'état-major, préalablement revisée à cet effet.

La marche des opérations cadastrales suit celle du travail de revision de la grande triangulation.

Art. 4. — La direction, la surveillance et la vérification des travaux d'art du nouveau cadastre sont concentrées entre les mains d'un chef des travaux techniques placé sous les ordres du directeur général des contributions directes et nommé par le ministre des finances.

Art. 5. — Le personnel technique du service du renouvellement ou de la revision et de la conservation du cadastre comprend des agents commissionnés à titre définitif ou temporaire et des agents stagiaires.

Il est recruté, au fur et à mesure des besoins, soit parmi les agents du service actuel du cadastre et d'autres services publics, soit par voie de concours dont les conditions sont fixées par un arrêté du ministre des finances.

Art. 6. — L'expertise cadastrale et tous les travaux qui s'y rattachent sont exécutés par les agents du service des contributions directes dans les conditions prévues par les lois et règlements en vigueur.

Art. 7. — Le ministre des finances est chargé de l'exécution du présent décret (*).

Fait à Paris, le 9 juin 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre des finances,
Georges COCHERY.

Décret du Président de la République, du 13 *juin* 1898, *modifiant l'organisation du comité consultatif des chemins de fer.*

Le Président de la République française,

Vu le décret du 1er juin 1898 (**), portant réorganisation du comité consultatif des chemins de fer;

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Décrète :

Art. 1er. — Le nombre des membres de droit du comité consultatif des chemins de fer est porté de sept à dix et comprend, en dehors des membres désignés dans l'article 1er du décret susvisé, le président de la commission des douanes du Sénat, le président de la commission des douanes de la Chambre des députés et le président de la chambre de commerce de Paris.

Art. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 13 juin 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre des Travaux publics,
A. TURREL.

Décret du Président de la République, du 28 *juin* 1898, *portant nomination de M.* TILLAYE, *sénateur, comme ministre des Travaux publics, en remplacement de M.* TURREL.

(*) Par arrêté du ministre des finances, du 11 juin 1898, M. Lallemand, ingénieur en chef des mines, a été nommé chef des travaux techniques au service du renouvellement ou de la revision et de la conservation du cadastre.

(**) Voir *suprà*, p. 369.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

APPAREILS A VAPEUR. — CONDITIONS D'ÉPREUVE DES CYLINDRES LESSIVEURS A REVÊTEMENTS CÉRAMIQUES INTERNES EMPLOYÉS DANS LES PAPETERIES.

A M. , Ingénieur en chef des mines.

Paris, le 11 juin 1898.

Monsieur l'Ingénieur en chef, la question s'est posée de savoir à quel régime réglementaire doivent être soumis certains récipients de grandes dimensions, dans lesquels les matières destinées à la fabrication de la pâte à papier sont traitées par une lessive de bisulfite de chaux à haute température. Ces appareils, qui sont construits en tôle, mais dont la paroi intérieure est garnie d'un revêtement céramique ayant pour objet de garantir le métal de la corrosion, tombent-ils sous l'application du titre V du décret du 30 avril 1880 (*)? Dans l'affirmative, doit-on procéder à la réépreuve décennale en conservant à l'appareil ses conditions normales de fonctionnement, ou bien, au contraire, convient-il de mettre la tôle à nu en enlevant le revêtement céramique?

Les récipients dont il s'agit présentent une capacité de beaucoup supérieure à 100 litres ; ils contiennent des matières à élaborer, chauffées par de la vapeur d'eau empruntée à des générateurs distincts ; il s'y développe et l'on y entretient une pression effective notable, variant d'ordinaire, suivant les usines, de 3 à 6 kilogrammes. Cette pression n'est pas, à la vérité, due exclusivement à la vapeur d'eau ; elle est également le fait de réactions chimiques qui donnent lieu à un dégagement d'acide sulfureux. Mais, d'après les données expérimentales recueillies par les soins

(*) Volume de 1880, p. 92.

de la commission centrale des machines à vapeur, on peut considérer que la proportion afférente à la vapeur d'eau est toujours supérieure à 50 p. 100 de la pression effective totale. Ces appareils tombent donc, en droit, sous l'application du titre V du décret du 30 avril 1880.

D'autre part, et ainsi que l'a fait remarquer la commission centrale, le revêtement céramique peut être considéré comme faisant partie intégrante de l'appareil; l'épreuve ne saurait être concluante qu'à la condition d'être effectuée sur le récipient tel qu'il est appelé à fonctionner, et non sur une partie seulement de ses éléments constitutifs. Il n'y a donc pas lieu, pour procéder à l'épreuve décennale de ces appareils, d'exiger l'enlèvement du revêtement céramique interne. L'attention des industriels devra, en conséquence, être appelée sur la nécessité de donner à ces revêtements une solidité telle qu'ils puissent supporter la pression d'épreuve, sans être exposés à des fissurations. Il conviendra, en outre, de leur rappeler les soins et la vigilance qu'exige, pour les appareils dont il s'agit, l'exécution de l'article 36 du décret du 30 avril 1880.

Je vous serai obligé de m'accuser réception de la présente circulaire, dont je vous adresse des exemplaires en nombre suffisant pour les besoins de votre service.

Le Ministre des travaux publics,
Pour le Ministre et par autorisation :
Le conseiller d'État,
Directeur des routes, de la navigation et des mines,
QUINETTE DE ROCHEMONT.

JURISPRUDENCE.

EAUX MINÉRALES. — TRAVAUX PORTANT ATTEINTE A LA CONSERVATION DES SOURCES. — MESURES DE PROTECTION. — (Affaire Cie DES EAUX MINÉRALES DE SAINT-GALMIER et consorts THIOLLIÈRE contre FORISSIER et consorts.)

I. — *Jugement préparatoire rendu, le 1er juin 1896, par le tribunal civil de Saint-Étienne.*

(EXTRAIT.)

Attendu que, en suite de l'ordonnance de référé du 31 juillet 1895 et de l'exécution dont elle a été l'objet, ainsi qu'il résulte du rapport des experts en date du 14 février 1896, la cause revient devant le tribunal, dans le même état de référé sur le point de savoir s'il y a lieu d'ordonner des mesures provisoires pour remédier aux inconvénients et dangers signalés par les experts comme étant la conséquence du libre écoulement des eaux provenant du puits foré par les défendeurs et de leur épuisement systématique pratiqué depuis une année ;

Attendu que les consorts Forissier et, à eux joints, Étienne et Grand-Eury, opposent tout d'abord aux conclusions des demandeurs deux exceptions tirées, la première de l'incompétence du juge des référés pour prescrire les travaux auxquels il est fait allusion, et la seconde de dessaisissement du juge des référés, par le fait de l'introduction de l'instance au fond devant le tribunal de céans, à la date du 23 mars 1896 ;

Attendu que ces moyens de forme ne sauraient faire échec à la demande des consorts Thiollière, tels qu'ils la formulent actuellement, puisque les mesures de préservation sollicitées à titre provisoire et en raison de l'urgence ne sont point de nature à porter atteinte aux droits de propriété des défendeurs ni à constituer un empiétement sur la question du fond et les attributions des juges appelés à en connaître ;

Attendu, en effet, que vouloir s'opposer temporairement, jusqu'à la solution du litige, au libre écoulement des eaux du nouveau puits Forissier ne constitue pas une immixtion dans le mode

d'exploitation d'une propriété particulière, puisque cette pratique est considérée par les experts comme un véritable abus nuisible aux sources de Saint-Galmier et sans profit pour les consorts Forissier ;

Attendu qu'il y a du reste, à cet égard, chose jugée en présence des termes de l'ordonnance du 31 juillet 1895 qui, subordonnant l'exécution des travaux demandés au résultat de l'expertise à intervenir, laissait pressentir la décision finale, si ce résultat était conforme aux dires et prétentions des demandeurs ;

Attendu, quant au dessaisissement du juge des référés, qu'il ne peut être entraîné par l'introduction plus ou moins hâtive de l'instance devant les juges du fond, sinon il faudrait reconnaître à celle des parties qui voudrait se soustraire à l'exécution des prescriptions d'une ordonnance de référé, le droit de le faire à son gré à l'aide de cet artifice de procédure ;

Qu'il n'y a pas à ce sujet de distinction à établir entre le cas où le demandeur agit le premier et celui où le défendeur prend cette initiative, car, dans l'une comme dans l'autre hypothèse, le sort de l'instance en référé serait soumise à l'arbitraire du litigant intéressé à en annihiler les effets ;

Attendu que toute demande en référé constitue une instance à part, parfaitement indépendante de l'action principale, séparation établie nettement par les dispositions de l'article 809 du code de procédure civile, aux termes duquel les ordonnances de référé ne feront aucun préjudice au principal ;

Attendu que, dans l'espèce, aucune confusion n'est possible entre l'exercice des pouvoirs du juge des référés et l'étendue de ceux de la juridiction saisie du fond, la dernière instance tendant à faire prononcer l'interdiction totale d'une exploitation préjudiciable, alors que la première ne vise que la suppression momentanée des vices de cette exploitation.

Attendu que, la compétence du juge des référés étant ainsi retenue, il convient de rechercher si les constatations relevées au procès-verbal d'experts du 14 février 1896, sont suffisantes pour permettre au tribunal d'ordonner telle ou telle mesure déterminée ;

Attendu que, se renfermant peut-être trop strictement dans les termes de la mission qui leur avait été confiée, les experts se bornent à déclarer, dans les conclusions finales de leur travail très documenté, que le changement dans l'état des sources des demandeurs ne doit pas être attribué au tirage des coups de mines faits dans les travaux Forissier, mais est dû uniquement

au libre écoulement, à la profondeur de 45 mètres, des eaux rencontrées dans ces travaux et à leur épuisement systématique;

Qu'ils ajoutent que la situation ne leur paraît pas devoir s'améliorer tant que le libre écoulement continuera, et que, s'il vient à être supprimé par des travaux convenablement exécutés, ils estiment que le régime actuel des eaux sera modifié dans ce sens favorable;

Attendu que ces observations ainsi résumées font bien connaître la véritable cause des griefs dont se plaignaient les demandeurs, mais n'indiquent pas le remède à apporter à une situation aussi fâcheuse, puisqu'ils considèrent les sources actuelles des puits Badoit, Rémy et Noël comme gravement compromises;

Attendu qu'en l'absence de renseignements complémentaires indispensables sur les travaux à faire et moyens à employer pour éviter les dangers signalés par les experts et la continuation d'un état de chose aussi préjudiciable aux intérêts des parties demanderesses, il importe d'ordonner, quant à ce, une nouvelle mesure d'instruction;

Attendu que celle-ci est encore rendue plus nécessaire, alors que, depuis la visite des lieux à laquelle il a été procédé, les travaux des consorts Forissier ont été poursuivis et parachevés suivant leurs allégations;

Que toutefois l'achèvement de cette entreprise ne saurait avoir pour conséquence le maintien du *statu quo*, car il ne peut dépendre de la volonté des défendeurs de couper court de cette manière à toutes réclamations de leurs adversaires, et de prolonger jusqu'à la solution du procès une situation anormale, sans respect pour les droits de propriété de ces derniers;

Attendu enfin, qu'en s'expliquant sur la voie à suivre pour faire disparaître ou tout au moins atténuer provisoirement les pratiques vicieuses par eux constatées, les experts devront en même temps rechercher et dire si les travaux et moyens préventifs préconisés seraient susceptibles de compromettre les sources des défendeurs;

Attendu que c'est le cas de réserver les dépens;

Par ces motifs; le tribunal jugeant en référé et en premier ressort, parties ouïes en leurs conclusions et plaidoiries par l'organe de MM[es] Charret, Dulac et Jacquier, avocats du barreau de Lyon;

Également entendu M. Germait, substitut de M. le procureur de la République;

Après délibéré;

Tenant tel compte que de raison du rapport d'experts du 14 février 1896; dit que ce travail devra être complété sur les points non encore élucidés;

Ordonne en conséquence, avant de statuer définitivement sur les conclusions des consorts Thiollière et des propriétaires exploitant les sources de Saint-Galmier, qu'il sera procédé par MM. N..., N... et N..., experts précédemment commis et sous la foi du serment déjà par eux prêté, à une nouvelle visite des lieux litigieux, avec mission :

Premièrement, d'indiquer l'état actuel et le degré d'avancement des travaux poursuivis, depuis le dressé de leur rapport, par les consorts Forissier, en observant les modifications qui en sont résultées au point de vue du débit des eaux de leur source et de la réduction de ce débit, si elle est reconnue;

Deuxièmement, de spécifier les moyens à employer et les travaux à exécuter pour supprimer en tout ou partie les inconvénients constatés et résultant du libre écoulement des eaux et de leur épuisement systématique;

Troisièmement, et, en déterminant aussi approximativement que possible l'importance des travaux qui seraient prescrits dans ce but, de rechercher en même temps si la suppression de l'écoulement incriminé n'aurait pas aujourd'hui et pour l'avenir de graves dangers pour les sources des consorts Forissier;

Dans cette hypothèse d'en apprécier les conséquences;

De tout quoi, ils dresseront dans le plus bref délai possible un rapport qui sera déposé au greffe et à vue duquel il sera jugé ce que de droit.

Réserve les dépens dont les demandeurs seront, s'ils en sont requis, tenus de faire l'avance.

II. — *Jugement interlocutoire rendu le 9 juin 1898, par le tribunal civil de Saint-Étienne.*

(EXTRAIT.)

Attendu que la question litigieuse à résoudre dans le procès engagé au fond par la société anonyme dite de l'Établissement de Saint-Galmier contre les consorts Forissier et accessoirement contre Grand'Eury et Étienne, est celle de rechercher si, en procédant à l'épuisement systématique des eaux provenant de

leurs travaux de forage de nouveaux puits, les consorts Forissier ont agi dans la plénitude de leurs droits de propriété, tels qu'ils résultent des articles 544, 552 et 641 du Code civil, ou si, au contraire, ils ont ainsi causé à leur voisin un préjudice par malveillance et sans aucune utilité pour eux-mêmes ;

Attendu que les textes de loi ci-dessus visés doivent être interprétés dans le sens le plus large, au profit du propriétaire qui peut retirer de son fonds tous les fruits et avantages qu'il est susceptible de procurer, sous la seule restriction toutefois que sa conduite ne porte pas volontairement atteinte aux droits des tiers, alors surtout que ses entreprises ne peuvent trouver de justification dans la conservation de ses intérêts personnels ;

Attendu que ce principe de droit, admis par la doctrine et consacré par la jurisprudence, n'étant point contesté, il y a lieu de rechercher si, en fait, les agissements des consorts Forissier comportent les critiques formulées par les demandeurs ;

Attendu que les ingénieurs commis en qualité d'experts par une première ordonnance de référé du 31 juillet 1895 pour vérifier l'exactitude des griefs de la société des Eaux de Saint-Galmier, ont écarté celui relatif à l'emploi par les consorts Forissier d'explosifs dans leurs travaux de forage, mais ont constaté en même temps que l'épuisement systématique des eaux de leurs nouveaux puits était des plus préjudiciables aux sources voisines, dont le débit et la minéralisation étaient diminués dans des proportions importantes ;

Attendu que les conclusions de ce rapport du 14 février 1896, émanant d'hommes de l'art particulièrement compétents, ne permettaient pas cependant au Tribunal de considérer les agissements des consorts Forissier comme un abus de leur droit de propriété ; car, si leur mode de procéder était blâmable, ils pouvaient soutenir qu'ils s'étaient eux-mêmes trompés dans leurs entreprises, sans qu'on pût incriminer leurs intentions ;

Qu'au surplus, il leur était encore loisible de prétendre avec apparence de raison que l'abandon du système de l'épuisement systématique aurait pour résultat de ruiner ou seulement de gêner l'exécution de leurs propres travaux ;

Attendu que c'est précisément pour élucider ce point et pour répondre à cette objection que les mêmes experts ont été de nouveau chargés par jugement de référé de ce siège du 1er juin 1896 de rechercher si la suppression de l'écoulement continu des eaux ne présenterait pas de graves dangers pour les sources des défendeurs ;

Attendu que, dans leur deuxième rapport du 17 mai 1897, les experts constatent que l'arrêt du libre écoulement de ces eaux ne devait avoir aucune influence nuisible sur la source Sainte-Marie, dont le débit était augmenté sans variation du degré de minéralisation, ainsi que le démontrait l'expérience déjà partiellement réalisée ;

Attendu que ce rapport a été notifié par acte du palais du 4 juin 1897, et qu'à partir de cette date les consorts Forissier étant bien et dûment initiés sur l'inanité de leurs appréhensions ne pouvaient invoquer aucune autre raison valable pour persister dans leur attitude et ne point immédiatement mettre fin à un état de choses reconnu préjudiciable à leurs voisins sans profit pour eux-mêmes ;

Attendu à la vérité que les experts observent que les défendeurs ont modifié leur premier projet et entrepris depuis le mois de septembre 1896 de nouveaux travaux, dans le but d'arrêter le libre écoulement des eaux, mais que le résultat n'a pas été atteint et que, pour l'obtenir, il faudra recourir à d'autres moyens;

Attendu qu'en présence de ces faits, tels qu'ils résultent de ces documents judiciaires offrant toute garantie d'exactitude, et qui ne sont même pas contestés par les litigants, les consorts Forissier ne sauraient utilement se retrancher derrière l'ignorance où ils se seraient trouvés des conséquences fâcheuses que devait avoir pour les demandeurs l'épuisement systématique des eaux par eux maintenu, même lorsqu'ils ont su pertinemment que leurs intérêts ne pouvaient être compromis par la cessation de cet état de choses ;

Attendu qu'ils avaient le devoir strict de supprimer immédiatement la cause du préjudice et que ce n'est point une excuse suffisante que de dire qu'ils avaient déjà entrepris dans ce but des travaux, reconnus insuffisants et même inutiles par les experts;

Attendu qu'il paraît donc juste de décider que les consorts Forissier sont responsables du dommage éprouvé de leur fait par la Société demanderesse depuis le 4 juin 1897, date de la notification du rapport complémentaire du 17 mai précédent jusqu'au jour où a cessé définitivement l'épuisement incriminé ;

Attendu que, le Tribunal n'ayant pas en l'état des éléments d'appréciation de ces dommages, il convient de confier aux experts déjà commis le soin de les arbitrer, en tenant compte des dégâts et des pertes qu'a pu occasionner le mode vicieux d'exploitation ;

Attendu que c'est le cas de réserver la question des dépens ;

Par ces motifs,

Le Tribunal, statuant en matière ordinaire et premier ressort, parties ouïes en leurs conclusions et plaidoiries ;

Également entendu M. Pradier-Fodéré, substitut de M. le Procureur de la République en ses conclusions ;

Après délibéré ;

Ayant tel égard que de raison aux deux rapports d'experts des 14 février 1896 et 17 mai 1897 ;

Dit que les consorts Forissier ont excédé leurs droits de propriété, en continuant abusivement l'épuisement systématique des eaux provenant de leurs nouveaux forages, dès le moment où ils ont su pertinemment que leurs intérêts n'étaient pas compromis, comme ils paraissaient le craindre ; qu'ils ont eu tort de ne pas faire cesser immédiatement cet état de choses, préjudiciable à leurs voisins ;

Et, en conséquence, les déclare d'ores et déjà responsables, conjointement avec Grand'Eury et Étienne, du dommage souffert par les demandeurs, du 4 juin 1897 à l'époque de la suppression du libre écoulement ;

Ordonne que, par les soins des experts déjà commis, sous le bénéfice du serment déjà prêté, il sera procédé à la recherche et à l'évaluation de ce dommage, en appréciant dans quelle mesure la vente des produits des demandeurs a pu être diminuée, ou s'il est résulté pour ces produits un discrédit susceptible d'influencer sur cette vente ;

Lesdits experts autorisés pour remplir cette mission à recourir à tous moyens d'investigation qu'ils jugeront convenables, notamment à la vérification de la comptabilité de l'établissement de Saint-Galmier et de sa correspondance. Pour, à vue de leur rapport, être jugé ce qu'il appartiendra.

Dit qu'en cas de refus ou d'empêchement des experts déjà commis, ils seront remplacés par simple ordonnance du président du siège, mais en ce cas à la charge de prêter serment devant le même magistrat.

Dépens réservés.

PERSONNEL.

Ingénieurs.

DÉCISIONS DIVERSES.

Arrêté du 3 *juin* 1898. — M. **Bailly**, Ingénieur ordinaire de 2e classe, en congé pour affaires personnelles, est remis en activité et chargé du sous-arrondissement minéralogique de Dijon et du 2e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en remplacement de **M. Maison**, précédemment appelé à une autre destination.

Arrêté du 11 *juin* 1898 (*ministère des finances*) (Voir *suprà*, note de la page 379).

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900.

Par arrêté du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, ont été appelés à faire partie des comités techniques des machines et de l'électricité, les membres du corps des mines dont les noms suivent :

Comité technique des machines.

MM. **Bellom**, Ingénieur ordinaire ;
Bochet, d°
Clérault, Ingénieur en Chef ;
Haton de la Goupillière, Inspecteur général ;
Lévy (Michel), Ingénieur en Chef;
Lorieux, Inspecteur général ;
Olry, Ingénieur en chef;
Sauvage, d°
Walckenaer, d°

Comité technique de l'électricité.

M. **Cornu**, Ingénieur en chef.

COMITÉ DE L'EXPLOITATION TECHNIQUE DES CHEMINS DE FER.

(Voir *suprà*, p. 369).

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES.

Par décision du Ministre des Travaux publics en date du 28 juin 1898, le Diplôme supérieur d'Ingénieur civil des Mines est accordé aux Elèves externes Français et Étrangers sortant de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines dont les noms suivent :

I. — ÉLÈVES FRANÇAIS.

MM. **Philippard**, **Marquet**, **Herwegh**, **Dubernard**, **Lenclud**, **Fancillon**, **Guionnet**, **Ledoux**, **Bruniquel**, **Brosselin**, **Tarbé de Saint-Hardouin**, **Le Bret**, **Daillier**, **Hallé**, **Roux**, **Delage**, **Denis**, **Boulinier**, **Charpentier**, **Jacquot**, **Lussaud**, **Rabault**, **de Lacroix de Lavalette**, **Manhès**, **Cahen** et **Walker**.

II. — ÉLÈVES ÉTRANGERS.

MM. **Counas**, **Tsapalos**, **Golesco**, **Scolnik**, **Pestemalzoglou**, **Sépulchre** (Jean), **Carvonidès**, **Catzigeras** et **Axiotakis**.

CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE.

Décision du 28 *juin* 1898. — M. **Lacroix**, professeur au Muséum, est nommé collaborateur principal de la Carte géologique détaillée de la France (actuellement Collaborateur adjoint).

Sont nommés Collaborateurs-adjoints : MM. **Pasquier**, préparateur de géologie à la Faculté de Grenoble (actuellement collaborateur auxiliaire) ;

Riche, chef des travaux pratiques du laboratoire géologique de l'Université de Lyon ;

Cambronne, agrégé de l'Université.

EXPLICATION DES PLANCHES.

AOUT.

NÉANT.

CONDITIONS DE L'ABONNEMENT

AUX ANNALES DES MINES

Pour Paris	20 fr. par an
Pour les Départements	24 fr. —
Pour l'Étranger.	28 fr. —

Les ANNALES DES MINES paraissent tous les mois.

N. B. — On peut se procurer aux mêmes prix chacune des années parues depuis 1862 inclusivement.

ON TROUVE A LA MÊME LIBRAIRIE

LE PRATICIEN INDUSTRIEL

SECRÉTAIRE : J. LOUBAT, ancien élève de l'École Nationale des Arts et Métiers d'Aix.

Journal bi-mensuel rédigé par demandes et par réponses

contenant des informations techniques et des communications diverses au point de vue de l'Industrie, des Travaux publics, des Mines, etc.

Un an, 10 fr. — Six mois, 6 fr. — Trois mois, 3 fr. 50.

Un numéro spécimen est envoyé gratuitement sur demande affranchie.

REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER

MÉMOIRES ET DOCUMENTS CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION TECHNIQUE ET COMMERCIALE DES VOIES FERRÉES

Abonnement pour Paris et la France. .	**25 fr.** par an.
— pour l'étranger	**28 fr.** —

BIBLIOTHÈQUE DU CONDUCTEUR DE TRAVAUX PUBLICS

ENSEMBLE DES CONNAISSANCES INDISPENSABLES AUX CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET CONDUCTEURS MUNICIPAUX, CONTRÔLEURS DES MINES, AGENTS VOYERS, CHEFS DE SECTION, ARCHITECTES VOYERS, ENTREPRENEURS, CONDUCTEURS DE TRAVAUX, INSPECTEURS, VÉRIFICATEURS, ETC.

publiée sous les auspices de

M. le Ministre des Travaux Publics

VOLUMES PARUS :

Mathématiques	**8 fr. 50**		Charpente et couverture	**10 fr.**	»
Physique et Chimie	**8**	**50**	Agriculture	**9**	»
Bois et Métaux	**8**	»	Locomotive et matériel roulant	**12**	»
Droit civil	**8**	»	Photographie	**9**	»
Machines hydrauliques	**10**	»	Architecture	**15**	»
Hygiène	**7**	**50**	Droit administratif	**9**	»
Mécanique, Hydraulique, Thermodynamique	**9**	»	Législation et Contrôle des appareils à vapeur	**8**	»
Voie publique	**12**	»	Génie	**12**	»
Hydraulique agricole	**12**	»	Construction et Voie	**12**	**50**
Organisation des services	**8**	»	Plantations	**11**	»
Procédure civile	**8**	»	Maçonneries	**10**	»

D'autres parties sont en préparation et paraîtront de mois en mois sous forme de volumes portatifs de 350 pages environ, format in-16, élégamment reliés.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

L'Éditeur-Gérant : Vve DUNOD.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME XIV.

9e LIVRAISON DE 1898.

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

1898

TABLE DES MATIÈRES.

SEPTEMBRE.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

BULLETIN.

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Juillet.

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889

2 MEDAILLES D'OR

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MATÉRIEL pour MINES

VENTILATEURS syst. GENESTE-HERSCHER

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR MINES, FORGES, FONDERIES, SOUFFLAGE SOUS GRILLES, ETC.

RENDEMENT GARANTI SUPÉRIEUR A CELUI DE N'IMPORTE QUEL APPAREIL SIMILAIRE CONNU A CE JOUR.

COMPRESSEURS D'AIR A SOUPAPES A INJECTION

Compresseurs d'air, syst. Burckhardt et Weiss **à sec.**

APPAREILS A AIR COMPRIMÉ

PERFORATEURS ET BOSSEYEUSES

Syst. DUBOIS & FRANÇOIS. — **Breveté S. G. D. G.**

HAVEUSE BLANZY

TREUILS pour EXTRACTION et FONÇAGE

A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ ET ÉLECTRIQUES

5 types différents

MACHINES D'EXTRACTION ET TREUILS DE SECOURS

TREUILS MUS PAR TURBINES.

POMPES FRANÇAISES A ACTION DIRECTE

POMPES A COURROIES

Pompes Hélico-Centrifuges. Système MAGINOT & PINETTE

POMPES ÉLÉVATOIRES

POUR ÉPUISEMENTS DANS LES MINES, ÉLÉVATION D'EAU

pour Villes et Usines, etc.

Nombreuses Références. — La machine d'épuisement fournie aux houillères de Rochebelle, est comprise pour élever 100 mètres cubes à l'heure à une hauteur totale de 250 mètres d'un seul jet ; son poids a dépassé 40.000 kilos.

CRIBLE GIRATOIRE SYST. COXE, B[TÉ] S. G. D. G.

POUR HOUILLES, MINERAIS, ETC., ETC.

PRODUCTION CONSIDÉRABLE DANS UN APPAREIL DE DIMENSIONS RESTREINTES

CASSE-COKE — CASSE-CHARBON — CHAINES A GODETS

LAVOIRS, TRIAGES, CRIBLAGES, DÉSCHISTAGES

TRAINAGES MÉCANIQUES, VAGONNETS ET VOIES PORTATIVES

CHEVALEMENTS METALLIQUES, CHARPENTES EN FER, MOLLETTES

Cages d'Extraction Fer ou Acier avec Parachute

PALIERS A ROTULES ROQUEL, ÉVITANT LE FROTTEMENT DES CABLES SUR LES JOUES DES MOLLETTES

MACHINES & CHAUDIÈRES A VAPEUR

LOCOMOBILES, TRANSMISSIONS, GROSSE CHAUDRONNERIE

DEVIS ÉTUDES D'INSTALLATIONS, RENSEIGNEMENTS

CATALOGUES SUR DEMANDE

G. PINETTE * CHALON-S.-SAONE (FRANCE)

MAISON FONDÉE EN 1830

Personnel — 250 Ouvriers

Surfaces occupées par les Usines : 25.000 mètres

J. & A. NICLAUSSE

Société des Générateurs inexplosibles (Brevets Niclausse)

PARIS, 24, rue des Ardennes, PARIS

APPLICATIONS DANS TOUTES LES INDUSTRIES :

Force motrice, Eclairage électrique, Chauffage, Utilisation des gaz perdus, etc.

Type semi-multitubulaire à grande réserve de chaleur pour différentes industries.
Type spécial pour les installations dans les maisons habitées.

Ville de Paris, 5.000 chevaux. — Cie Fresne, 3.000 chevaux. — Société Industrielle de Produits chimiques, 3.000 chevaux. — Société Normande d'électricité, 2.500 chevaux. — Menier (Usine de Noisiel), 1.000 chevaux, etc., etc.

Stations centrales (Plus de 30.000 chevaux).

PRINCIPAUX AVANTAGES OFFERTS PAR CES GENERATEURS :

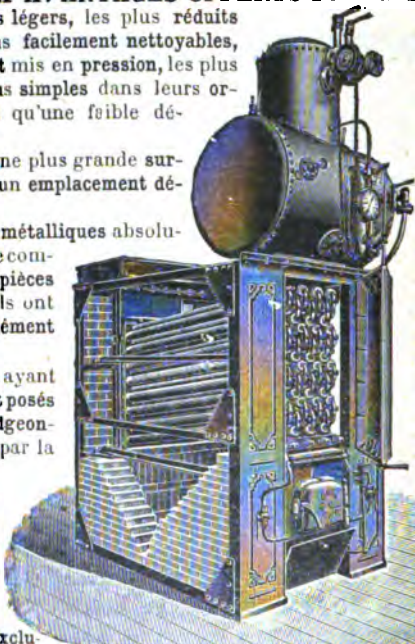
Ils sont les plus légers, les plus réduits **en volume**, les plus facilement nettoyables, les plus **rapidement** mis en pression, les plus **robustes**, et les plus simples dans leurs organes, n'exigeant qu'une faible dépense d'entretien.

Ils fournissent une plus grande **surface de grille** dans un emplacement déterminé.

Ils ont des **joints métalliques** absolument **assurés**, ils ne comportent que des pièces **interchangeables**, ils ont des **tubes droits** aisément **nettoyables**.

Ils sont les **seuls** ayant les tubes **seulement** posés **sans vissage** ni **dudgeonnage** et **équilibrés** par la **pression**.

En cas de **changement d'un tube**, ils sont les **seuls** ne **demandant** que la **sortie** de ce **seul tube** ; cette manœuvre s'exécute exclusivement par la chambre de chauffe et en moins d'une minute par les chauffeurs.



Ils ont **dépassé** les **plus hautes vaporisations** et les **plus fortes combustions** sans autres accessoires que ceux des chaudières ordinaires et sans amener aucune **déformation du faisceau tubulaire**, composé de **tubes droits**, qui sont à dilatation complètement libre.

Ils donnent le **maximum** d'économie de **combustible** sans **adjonction** d'appareil quelconque.

Ils sont d'un **montage facile**, par suite de leur **fractionnement** en **pièces** de **faibles dimensions** et de **poids réduit**.

Enfin, ils présentent toute la **résistance** voulue aux **exigences** des **navires de guerre**. **Rapidité de mise en pression. Changement brusque d'allure** et **passage très prompt** d'une **combustion ordinaire** aux **combustions forcées** sans aucun incident.

TYPE MARIN (Plus de 150.000 chevaux)

Marine militaire française. — Croiseur cuirassé *Gueydon*, 20.200 chevaux. — Croiseur cuirassé *Kléber*, 18.000 chevaux. — Croiseur *Friant*, 9.000 chevaux. — Cuirassé *Henri IV*, 11.500 chevaux. — Cuirassé *Requin*, 7.000 chevaux. — Croiseur-torpilleur *Fleurus*, 4.000 chevaux. — Torpilleur *Téméraire*, 1.500 chevaux. — Canonnière *Décidée*, 1.000 chevaux. — Ecole des Pilotes *Elan*, 500 chevaux. — Remorqueurs : *Titan*, 500 chevaux. — *Polyphème*, 500 chevaux. — *Hercule*, 500 chevaux. — *Menhir*, 200 chevaux. — Chalands électriques : *Charlemagne*, 100 chevaux. — *Charles-Martel*, 100 chevaux. Etc.

Marines militaires étrangères. — Croiseur *Cristobal Colon*, 14.000 chevaux. — Croiseur *Ersatz-Freya*, 10.000 chevaux. — Cuirassé *Pelayo*, 9.000 chevaux. — Croiseur *G...*, 7.000 chevaux. — Canonnière *Hcrabry*, 3.000 chevaux. — Canonnière *Seagull*, 3.000 chevaux. — Navire école : *Presidente Sarmiento*. — *Esmeralda* (chaudière auxiliaire). — Vedette *Navarra*.

Marine de commerce. — Remorqueur du Rhône : *Pilate*, 1.000 chevaux. — *Pellevoux*, 1.000 chevaux. — *Ventoux*, 1.000 chevaux. — *Canigou*, 1.000 chevaux. — *Galibier*, 1.000 chevaux. — *Taillefer*, 1.000 chevaux. — Cie générale des Bateaux parisiens, 25 bateaux (150 chevaux chacun) de la nouvelle flotte pour l'Exposition Universelle de 1900. — X..., Paquebot de la Cie fluviale de Cochinchine. — René-André, Remorqueur *Saint-Nazaire*. — Pierre-André, *Le Hâvre*, etc., etc.

Navigation de plaisance. — Yacht *Almée* (M. H. Ménier). — Yacht *Julie* (M. G. Ménier). — Yacht *Saint-Hubert* (M. Courtois de Langlade). — Yacht *Nemo* (M. Baudouin). — Yacht *Président-Carnot* (M. Sâtre, fils, aîné). — Yacht *Walkyrie* (M. G. Eiffel). — Yacht *Zaria* (M. H. Ménier, etc., etc.

Devis. — Références. — Renseignements sur demande


Fabrique de Lampes de Sûreté en tous Genres
LANTERNES DIVERSES — DÉCOLLETAGE SUR TOUS MÉTAUX
Les plus Hautes Récompenses aux Expositions
Coton-Mèche
Toiles métalliques
Rivets et fils de plomb
AMADOU
Emboutissage de tous Métaux
LAMPES DE FONDEURS
COSSET-DUBRULLE FILS
LILLE — INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR — LILLE
3, rue de Toul, 3
3, rue de Toul, 3
Verres divers
CAOUTCHOUC-AMIANTE
Ferblanterie
EXÉCUTÉE SUR DESSINS
Flambeaux pétrole pour pompiers
LAMPES A GAZ
A RÉCUPÉRATION
Fournisseur des Grandes Administrations
ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DE L'ALBUM GÉNÉRAL
FONDERIE DE CUIVRE, TOURNAGE & DÉCOUPAGE
TONDEUSES A GAZON NOUVELLE FABRICATION
EXPOSITION DE BRUXELLES 1897 : GRAND DIPLOME D'HONNEUR
MÉDAILLE D'ARGENT GRAND MODULE AU

ÉLÉVATEURS & TRANSPORTEURS



MARQUE DÉPOSÉE

avec Chaînes simplex

SYSTÈME BAGSHAWE

Brevetées S. G. D. G.

GODETS TOLE D'ACIER

VIS D'ARCHIMÈDE

APPAREILS POUR DÉCHARGEMENTS DE BATEAUX

TRANSMISSIONS

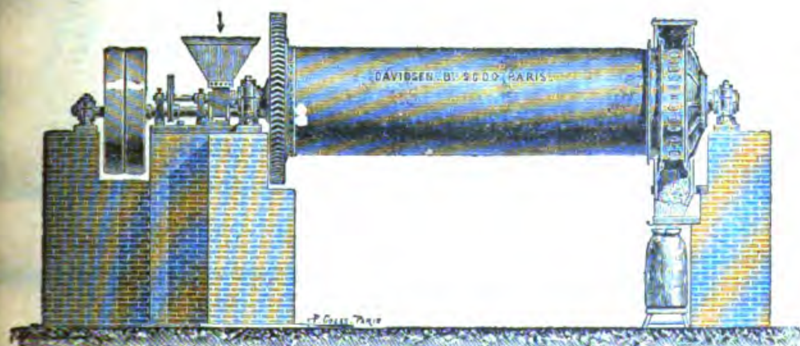
A. PIAT et ses FILS

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

PARIS. — 85, rue Saint-Maur. — PARIS

DAVIDSEN, INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS, 118, Rue Lafayette, 118, PARIS



Suppression du blutage

BROYEURS SPÉCIAUX

POUR MINERAIS, QUARTZ ET MATIÈRES DURES

...nant ÉCONOMIQUEMENT une GRANDE FINESSE et un GRAND RENDEMENT

Voir l'annonce de la Société Française pour la fabrication des Corps Gra

SOCIÉTÉ ANONYME

HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MIN

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS ET CHA

VOIR L'ANNONCE J.-J. HEILMANN. PAGE 9

FOYERS MELDRU

BREVETÉS S. G. D. G.

Protégés par des marques de fabrique et par plus de 22 BREVETS dans tous les p

MARQUE DE FABRIQUE



DÉPOSÉE.

FACILEMENT ADAPTÉS DANS 24 A 48 H. A TOUS LES SYSTÈMES DE CHAUDIÈRES ET FOURS

Efficacité extraordinre combinée avec la plus grande si

Fumivorité suivant l'ordonnance de M. le Préfet de Po

NI VENTILATEUR, NI MACHINE MOTRIC

Les Grilles conservées plusieurs années

Pas de Réparation. - Pas de Hautes Cheminées néce

Utilisation des Combustibles les plus pauvres, comme P Charbon et de Coke, Résidus de lavoirs à Charbons, fours métalliques, etc. — Plus de 50 0/0 d'économie souvent et pouvoir d'évaporation accrû de 25 à 100 0/0, suivant des des autorités françaises les plus connues.

PLUS DE 6.300 FOYERS MELDR

Installés depuis 1890, fonctionnant à toute sati dans les Usines à Gaz, Houillères, Filatures et T Etablissements Métallurgiques, électricité, etc.

ENTRE AUTRES :

Société Cockerill, à Seraing, en Belgique. — 7 installations.
MM. Jules Chagot et Cie, Mines de Blanzy, à Monteeau-les-Mines, en France. — 79 insta
La Compagnie du Chemin de fer du Nord, à Paris. — 15 installations en sept mois.
La Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, à Paris. — 1 installation.
La Compagnie Electrique du secteur de la Rive gauche, de Paris. — 2 installations.
La Compagnie de Béthune, à Bully. — 8 installations.
La Société des Charbonnages du nord du Flénu, à Ghlin, en Belgique. — 2 insta
La Compagnie des Mines de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux. — 3 installations.
La Maison Breguet, à Paris. — 2 installations.

Pour tous renseignements, s'adresser à MELDRUM Frères

Représentant : **F.-A. NOEL.** — Bureau : 5, rue Greffulhe. — Usine : 22, avenue d'Argenteuil, Asnières

BREVETS D'INVENTION

C. BLÉTRY Aîné, Ingénieur-Co
Successeur de **BLÉTRY Frères,** maison fond
2, Boulevard de Strasbourg. — P

ÉTUDE

SUR

CERTAINS ACIERS SPÉCIAUX

Par M. A. ABRAHAM, Ingénieur de la Marine.

AVANT-PROPOS.

Les progrès de l'art des constructions navales sont intimement liés à ceux de la sidérurgie ; car, pour les navires et leurs accessoires plus que pour toute autre construction mécanique, la recherche de la légèreté maxima alliée à une sécurité aussi grande que possible présente une importance capitale. C'est pourquoi l'Administration de la Marine, ayant eu connaissance, en 1895, des travaux intéressants de l'usine d'Imphy sur les aciers au nickel et au chrome et les aciers au silicium, a prescrit aux Forges nationales de la Chaussade de faire une étude des aciers spéciaux de cette usine. Nous avons été ainsi amené à essayer d'abord un métal dit NC4 à 25 p. 100 de nickel et 2 à 3 p. 100 de chrome, et un acier à 1,5 p. 100 de silicium. Depuis cette époque, nous avons continué à suivre les travaux de l'usine d'Imphy, et nous avons étudié, d'une manière, il est vrai, moins complète que les premiers, un métal dit N. 12,5 qui ne renferme que 12 p. 100 de nickel et 1 à 1,5 p. 100 de chrome et qui jouit de propriétés mécaniques remarquables. Enfin nous avons été tenu au courant des belles recherches de M. Ch.-Ed. Guillaume sur les aciers à haute teneur en nickel d'Imphy, caractérisés surtout par leur faible dilatation.

Notre travail comprend plusieurs parties. La première se rapporte à des généralités sur l'emploi du nickel et du chrome dans les aciers. Les trois chapitres suivants, dont le plus important a trait au métal NC4, constituent en quelque sorte des monographies des trois aciers au nickel que nous avons particulièrement étudiés, et la dernière partie se rapporte à l'acier au silicium. Enfin, dans la conclusion générale qui termine notre travail, nous avons essayé d'indiquer le parti qu'on peut tirer de ces divers alliages.

I

GÉNÉRALITÉS SUR L'EMPLOI DU NICKEL ET DU CHROME DANS LES ACIERS.

De l'emploi du nickel et du chrome dans les aciers à blindages. — Le chrome est, en date, le premier métal qu'on ait songé à introduire dans les aciers tels que les aciers à blindages, pour allier une certaine malléabilité à la dureté nécessaire. Dès l'année 1878, l'usine Holtzer a fourni à la Marine des tôles en acier chromé de 4 millimètres et 15 millimètres, destinées à protéger les servants des canons. Ces tôles, quoique très dures, devaient pouvoir être pliées à froid sur un mandrin dont les deux faces étaient raccordées par une partie cylindrique d'un rayon égal à leur épaisseur.

Dès l'année 1888, l'usine Saint-Jacques, à Montluçon, a cherché à améliorer la qualité des aciers à blindages proprement dits par des additions de chrome. A cette époque, elle a fabriqué et expérimenté, à titre d'étude, une série de plaques d'acier de duretés graduées, et, en 1889, une de ces nuances d'acier à base de chrome fut appliquée à la fabrication des blindages minces des cuirassés grecs *Spetzia* et *Hydra*.

Les deux plaques d'épreuve de ces fournitures, essayées à Gâvres, obtinrent, le 20 juin et le 12 décembre 1889, la mention satisfaisante n° 4. La teneur en carbone de ce métal ne dépassait pas 0,45 p. 100, et la dureté, d'ailleurs assez faible, était obtenue par une teneur en chrome de 1,80 p. 100 en moyenne.

A cette époque, l'introduction des blindages minces dans la protection des navires augmenta notablement les rigueurs de l'essai de tir ; le calibre du projectile employé pour le tir était, en effet, relativement plus élevé pour les plaques minces que pour les plaques de 20 centimètres d'épaisseur et au dessus. L'impossibilité d'employer le métal mixte, démontrée par l'essai d'une plaque d'étude de 10 centimètres, fabriquée par MM. Marrel frères, la médiocrité des résultats donnés par l'acier au carbone ont conduit à la recherche des aciers spéciaux obtenus par l'introduction dans le métal ordinaire au carbone et au manganèse de métaux étrangers, tels que le nickel et le chrome.

Depuis quelque temps déjà, l'attention des métallurgistes avait été appelée sur l'augmentation de ténacité produite par l'introduction dans l'acier de proportions variables de nickel.

C'est le Creusot, qui, le premier, a essayé l'emploi de ce métal dans la fabrication des blindages, et, dès la fin de 1888, il a exécuté en nickel-acier les lots A et B de la ceinture mince du *Dupuy-de-Lôme*. Nous ne connaissons pas la composition moyenne des plaques de ces lots, mais nous avons eu l'analyse de deux plaques supplémentaires qui ont été expédiées à Gâvres en vue d'essais comparatifs et qui contenaient, avec 0,30 p. 100 de carbone environ et 0,50 p. 100 de manganèse, une proportion de nickel voisine de 2,5 p. 100.

Toutes ces plaques ont été trouvées au tir très brisantes et n'ont donné que des résultats médiocres.

Le Creusot continua cependant dans cette voie, et son nickel-acier (à 5 p. 100 de nickel, croyons-nous) triompha, en octobre 1890, au Concours international d'Annapolis (Amérique), où la plaque de ce métal fut essayée concurremment avec une seconde plaque en acier ordinaire au carbone, également fournie par le Creusot, et avec une plaque compound fabriquée par MM. Cammell et Cie de Sheffield. La plaque nickel-acier de 265 millimètres a supporté presque sans fentes le tir de quatre projectiles en acier de $152^{mm},4$ de calibre, d'une force vive égale à 1,189 de la force vive nécessaire à la perforation d'une plaque de fer de même épaisseur, tirés au sommet d'un rectangle de $0,61 \times 1,22$, et d'un cinquième projectile de 203 millimètres tiré au centre avec une force vive égale à 1,488 de la force vive nécessaire à la perforation de la plaque en fer.

En présence de ces résultats remarquables, la Marine Française commanda au Creusot, par marché du 9 janvier 1891, deux plaques d'acier-nickel de 250 millimètres et de 265 millimètres, pour les essayer à Gâvres. Ces plaques, tirées en juillet 1891, ont été trouvées équivalentes aux meilleures plaques en acier essayées jusqu'à cette époque ; mais elles ne paraissaient pas présenter d supériorité marquée sur ces dernières. Cependant le brillant succès d'*Annapolis* avait porté ses fruits, et, l'émulation aidant, toutes les usines à blindages entrèrent simultanément dans la voie des aciers spéciaux.

L'usine de Saint-Chamond traita, en septembre 1891 pour la fourniture à Gâvres de deux plaques en métal spécial, de mêmes épaisseurs que celles du Creusot. Les usines de Montluçon et de MM. Marrel frères ne tardèrent pas à traiter pour une fourniture identique.

En 1892, on essaya également à Sevran-Livry six plaques de 72 millimètres en acier spécial fournies par les usines de Saint-Chamond, de Rive-de-Gier, de Mont

…S CHOCS		
CHARGE à la ruptu… en kilo par millimèt… carré	…GLE DE RUPTURE au pilon	OBSERVATIONS
69^{k},8	180°	côté haut du lingot.
69 ,5	180°	côté bas du lingot.
62 ,1	90°	côté haut du lingot.
65 ,8	108°	côté haut du lingot.
56 ,5	133°	côté bas du lingot.
54 ,9	150°	côté bas du lingot.
70	155°	côté bas du lingot.
	85°	côté haut du lingot.
69 ,8	84°	côté bas du lingot.
	au 19e coup.	côté haut du lingot.
61 ,8	100°	à partir du 21e coup, la hauteur de chute a été portée à 3^{m},50.
60 ,1	[illegible]	

luçon, du Creusot, de Saint-Étienne et d'Unieux, et, sur ces six plaques, quatre supportèrent sans aucune fente douze coups de canon de 65 millimètres, dont deux au moins à la vitesse de perforation déterminée par le tir. Ces essais mirent donc en relief, d'une manière très saisissante pour ce métal, l'absence de fissilité, jointe à une grande résistance à la perforation. Depuis cette époque, toutes les usines ont adopté d'une manière générale l'acier au nickel et au chrome qui avait donné les meilleurs résultats au tir.

Le tableau ci-contre donne, avec l'analyse chimique, les résultats des essais mécaniques fournis par divers aciers spéciaux à blindages renfermant soit du nickel, soit du chrome, soit ces deux métaux simultanément.

Ces résultats sont, en somme, assez variables, même pour de faibles différences dans la composition chimique; ils dépendent essentiellement du traitement subi par le métal, et des variations, même peu sensibles, dans les températures de trempe et de recuit, peuvent modifier assez sérieusement les propriétés mécaniques.

Ce qui ressort le plus nettement de ce tableau, c'est la valeur élevée de la limite élastique comparée à la charge de rupture après trempe et recuit.

Ainsi, avec une charge de rupture voisine de 70 kilogrammes, on a, pour l'acier ordinaire à blindages, une limite élastique de 40 kilogrammes seulement; tandis que l'acier à 1,5 p. 100 de chrome sans nickel a donné 50 kilogrammes, et l'acier à 2 p. 100 environ de nickel et 0,75 p. 100 de chrome a donné 56 kilogrammes.

En outre, la striction dépasse parfois 60, même pour une charge de rupture de 80 kilogrammes.

Enfin les essais de choc font ressortir, en général, peu de fragilité et une grande malléabilité; on obtient, en effet, assez fréquemment pour l'acier au nickel et au chrome, à 90 kilogrammes de résistance, des pliages à

bloc sans criqûres sur les barreaux de choc réglementaires.

Nous possédons peu de résultats d'expériences permettant de mettre en évidence les effets de la trempe et du recuit sur le métal spécial à blindages au nickel et au chrome. Nous pouvons donner cependant les résultats des essais mécaniques pratiqués après les diverses opérations de forge sur deux plaques de 25 centimètres environ d'épaisseur.

Le métal présentait une teneur en carbone voisine de 0,40 p. 100, une teneur en chrome voisine de 0,80 p. 100 et une teneur en nickel d'environ 2,5 p. 100. Les plaques ont été obtenues par un martelage au pilon de 50 tonnes, suivi d'un laminage en long et en travers. La première plaque a été recuite au rouge cerise, puis trempée à une température de 90° dans une bâche contenant de l'eau à 65°; la température maxima de l'eau a atteint 82° et, pendant toute la durée de la trempe, on a fait couler un jet d'eau froide de chaque côté de la plaque. La plaque a été ensuite recuite à 550°. Les essais mécaniques ayant fait ressortir un excès de dureté, on a procédé à un deuxième recuit à 575°. Enfin le dressage opéré à la presse hydraulique a nécessité une température de 550°. La seconde plaque a été trempée sans aucun recuit préalable dans une bâche contenant de l'eau à 75° ; cette opération a été suivie de deux recuits, dont le dernier a servi pour le dressage à la presse.

Le tableau suivant donne les résultats des essais de traction pratiqués sur les deux plaques avant la trempe, après la trempe et le premier recuit, après le deuxième recuit.

	Désignation des plaques et des opérations subies	Sens et position des barrettes	Diamètre en millimètres	Section en millimètres carrés s	Charge à la rupture en kilos par millimètre carré	Allongement p. 100 en millimètres	Calibre à la rupture en millimètres	Section de rupture en millimètres carrés s'	Striction $\frac{s-s'}{s} \times 100$	Observations
			m/m.	m/m²	k.	m/m.	m/m.	m/m²		
1re Plaque	avant trempe	T.	13.69	147,2	61.6	20,6	10,2	81,7	44	moyenne de 4 barrettes.
		E.	13,55	144,2	56,9	12,0	11,5	103,8	28	une barrette.
	après trempe et 1er recuit	L.S.B.	13,70	147,4	78,7	9,5	9,3	67,9	54	une barrette.
		L.C.B.	13,70	147,4	80,7	11,0	11,0	95,0	35,5	une barrette-soufflure.
		E.S.B.	13,70	147,4	81,4	11,0	9,4	69,4	53	une barrette.
		E.C.B.	13,62	145,7	78,9	10,0	9,1	65,0	55	moyenne de 2 barrettes.
		T.S.H.	13,62	145,7	83,4	8,8	9,7	73,9	49	d°
		T.C.H.	13,60	145,1	82,0	11,0	10,4	84,9	41	une barrette.
		E.S.H.	13,62	145,7	78,3	10,7	10,3	83,3	43	moyenne de 2 barrettes.
		E.C.H.	13,70	147,4	31,4	12,0	9,6	72,4	51	une barrette.
	après 2e recuit	T.H.	13,47	142,5	76,6	14,6	9,0	63,6	55	moyenne de 5 barrettes.
2e Plaque	avant trempe	T.	13,77	148,9	59,0	23,2	9,8	75,4	49	moyenne de 4 barrettes.
	après trempe et 1er recuit	L.S.B.	13,67	146,8	73,5	13,2	9,0	63,6	57	moyenne de 2 barrettes.
		L.C.B.	13,65	146,2	71,8	15,0	9,2	66,5	54,5	une barrette.
		E.S.B.	13,65	146,2	72,0	8,7	11,0	95,0	35	moyenne de 2 barrettes.
		E.C.B.	13,65	146,2	71,1	10,0	11,0	95,0	35	une barrette.
		T.S.H.	13,71	147,6	83,9	9,3	9,8	75,4	49	moyenne de 3 barrettes.
		E.S.H.	13,60	145,2	75,0	5,5	12,8	128,7	11	moyenne de 2 barrettes.
		E.C.H.	13,70	147,4	76,6	9,0	10,3	83,3	43	une barrette.
	après 2e recuit	T.H.	13,75	148,5	71,2	15,9	9,54	71,5	52	moyenne de 5 barrettes.

NOTA : Sens des notations adoptées.... L. Long. E. Epaisseur. T. Travers. S. Surface. C. Cœur de la plaque. B. Pied du lingot. H. Tête du lingot.

Ce qui ressort plus particulièrement de ce tableau, c'est que la trempe, en augmentant la résistance et en réduisant l'allongement, augmente cependant la striction. Or la striction constitue un élément très important au point de vue des déformations locales du genre de celles qui se produisent au tir des plaques minces. C'est cette valeur élevée de la striction après trempe, jointe à une faible fissilité, qui explique la supériorité considérable de l'acier spécial au nickel et au chrome sur l'acier ordinaire au carbone pour la fabrication des blindages.

Nous pouvons citer également, au sujet de l'influence de la trempe sur les aciers à blindages au nickel et au chrome, les essais effectués sur une plaque fabriquée par laminage, recuite avant trempe au rouge cerise clair

(950° environ), puis trempée deux fois dans l'eau à la même température et, enfin, recuite après trempe au rouge cerise naissant (800° environ).

Les tableaux ci-après donnent les résultats des essais mécaniques effectués sur la plaque à l'état naturel et après toutes les opérations de forge.

ESSAIS DE TRACTION.

	SENS dans lequel est découpée la barrette	DIAMÈTRE	SECTION s	LIMITE élastique par mm²	CHARGE de rupture par mm²	ALLONGEMENT p. 100 à la rupture mesuré sur 100 millimètres	CALIBRE à la rupture	SECTION après rupture s'	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$
		mm.	mm²	k.	k.				
Plaque à l'état naturel	en long	13,8	149,6	37,4	62,1	21	9,7	73,9	50,6
	en travers	13,7	147,4	37,3	63,7	18,5	10	78,5	46,7
Plaque trempée et recuite	en long	13,7	147,4	48,4	67,9	16,5	8,7	56,7	61,5
	en travers	13,7	147,4	50,1	69,2	14	9,3	67,9	53,9

La trempe et le recuit ont donc augmenté beaucoup plus la limite élastique que la résistance à la rupture et, malgré une réduction très sensible de l'allongement à la rupture (4,5 p. 100), la striction se trouve notablement augmentée.

Dans le but d'obtenir naturellement pour certaines plaques une dureté très grande, on a parfois forcé la teneur en chrome jusqu'à 1,10 p. 100 avec une teneur en nickel de 2,15 p. 100. Le chrome, qui seul durcit peu l'acier, contribue alors à augmenter notablement la résistance, après trempe au rouge cerise et recuit à 550°; on obtient une charge à la rupture de 90 kilogrammes. La limite élastique conserve d'ailleurs une valeur très élevée voisine de 80 kilogrammes.

Enfin, depuis quelques années, on emploie assez couramment, dans la fabrication des blindages, de l'acier extra-doux, additionné de 1 p. 100 environ de nickel. A

cette teneur, le nickel ne durcit pas le métal, mais il améliore la texture qui, après trempe au rouge cerise et recuit au rouge sombre, est entièrement à nerf ou à grain terne très fin avec arrachement.

Quand on augmente la teneur en nickel et qu'on l'élève jusqu'à 1,5 p. 100, la charge de rupture arrive à dépasser 40 kilogrammes, et la striction est sensiblement réduite ; cependant le métal convenablement traité reste peu fragile.

Emploi du nickel à faible teneur dans les aciers à canons. — Le nickel a été employé souvent dans ces derniers temps pour améliorer le métal à canons. Nous pouvons citer, parmi les aciers-nickel appliqués à la fabrication des canons, le métal adopté par l'usine d'Imphy en 1894 et qui présentait la composition définie par le tableau ci-après :

Carbone	0,30	à 0,50
Silicium	0,20	à 0,25
Soufre	0,01	
Phosphore	0,015	
Manganèse	0,38	à 0,42
Nickel	2	à 2,25
Chrome	0	

D'après les renseignements que nous a fournis l'usine d'Imphy, ce métal se forge sans difficulté au rouge cerise un peu clair. Il donne, après recuit au rouge sombre, sur éprouvettes découpées dans le sens du travers :

Limite d'élasticité	35 à 38 kg.
Charge de rupture	55 à 60 kg.
Allongement	19 à 20 p. 100

Après trempe au rouge cerise et recuit au bois bien flambant, on obtient sur les éprouvettes découpées éga-

lement dans le sens du travers :

Limite d'élasticité...........	50 à 52 kg.
Charge de rupture	65 à 70 kg.
Allongement................	16 à 17 p. 100

L'usine de Saint-Jacques, à Montluçon, a fait des essais analogues sur un métal à 2,5 p. 100 de nickel et 0,5 de chrome et a obtenu sensiblement les mêmes résultats.

Dans le but d'améliorer encore davantage la qualité du métal, on a essayé de forcer la teneur en nickel ; mais on s'est alors trouvé, aux dires de l'usine d'Imphy, en présence d'un inconvénient sérieux. Quand la proportion de nickel dépasse 2 à 2,5 p. 100, le métal tend à cristalliser en aiguilles striées analogues à celles que l'on rencontre dans les aciers à haute teneur en nickel (Voir plus loin, p. 267).

Si le refroidissement des lingots s'opère léntement, soit en raison de leurs dimensions, soit par suite de la température trop élevée du métal à la coulée, il se forme au sein de la masse de longues aiguilles que l'on ne peut faire entièrement disparaître ni par le forgeage, ni par le recuit, ni par la trempe. L'étirage oriente les cristaux dans le sens de la longueur ; les barrettes de traction prélevées dans le sens du travers se rompent sans allongement et sans striction avec des cassures cristallines striées, et les barreaux de choc ne peuvent supporter l'essai au mouton.

Aciers à faible teneur en nickel fabriqués par les usines américaines. — Nous trouvons, dans un historique des applications de l'acier nickel publié par M. Otto Vogel dans le *Stahl und Eisen* (*), quelques données sur différents

(*) Cette note, traduite par le *Moniteur Scientifique Quesneville* a été publiée par le journal *la Métallurgie*, dans les n[os] 41 et 42 de l'année 1896.

aciers au nickel fabriqués par les usines américaines. Bien que les renseignements fournis par cette note manquent un peu de précision, nous croyons intéressant d'en extraire les indications qui suivent.

L'auteur cite, en premier lieu, des résultats d'essais mécaniques pratiqués sur des pièces en acier-nickel exposées à Chicago par les aciéries de Bethléem ; le tableau ci-après donne quelques-uns de ces résultats.

NUMÉROS des barrettes	TENEUR du métal en nickel	SECTION des barreaux en mm²	LONGUEUR des barreaux en mm.	LIMITE d'élasticité en kilogr. par mm²	CHARGE de rupture en kilogr. par mm²	ALLONGEMENT p. 100	STRICTION	ÉTAT du métal
1	3'25 0/0	143	102	68,86	84,37	13,75	62	non recuit
2	id.	id	id.	60,47	99,84	11,5	45	id.
3	id.	id.	id.	45,00	82,69	17	45,9	id.
4	id.	id	id.	52,03	100,40	13	28,2	id.
5	id.	id.	id.	33,75	60,47	21,25	47,4	id.
6	id.	159	id.	»	194,62	2,75	4	id.
7	id.	id.	id.	»	74,04	19,25	55	id.

Comme les exposants n'ont donné d'indication ni sur la composition des aciers, ni sur le mode de traitement des pièces, il est difficile de dégager une conclusion bien nette de ces résultats. On en déduit seulement qu'avec une teneur en nickel voisine de 3 p. 100, on peut réaliser, par un traitement approprié, toute la gamme de dureté depuis 60 kilogrammes jusqu'à 195 kilogrammes, et obtenir, pour des charges de rupture variant de 75 à 85 kilogrammes, soit un grand allongement à la rupture (barrettes 3 et 7), soit une limite élastique très élevée et une forte striction avec un allongement réduit (barrette n° 1).

M. Otto Vogel donne également les résultats fournis aux essais par des pièces en acier-nickel de la *Canadian Copper Company*, dont la teneur en carbone varie de 0,16 à 0,91 p. 100, et la teneur en nickel de 2 à 3,5 p. 100. Tous les barreaux d'essai, prélevés au cœur des lingots,

ont été amenés par martelage à une section carrée de 38 millimètres de côté, puis à une section circulaire de 15mm,87 de diamètre.

NUMÉROS des barreaux	TENEUR en carbone	TENEUR en nickel	LONGUEUR des barrettes en mm.	CHARGE à la rupture par mm²	ALLONGEMENT p. 100	STRICTION p. 100	ASPECT de la cassure
14	0,16 0/0	3,35 0/0	50,8	70,75	27	48,1	soyeux
13	0,22 0/0	2,05 0/0	50,8	59,5	31,5	55,4	gris
15	0,31	3,40 0/0	50,8	70,86	26	49,2	id.
24	0,54	3,20 0/0	50,8	92,23	10,5	12,7	id.
34	0,96	3,10	203,2	106,77	8	12,9	id.

On voit que, de 0,16 à 0,30 p. 100, la teneur en carbone n'a presque aucune influence sur la résistance à la rupture et sur l'allongement ; la présence du nickel masque complètement l'influence du carbone. Au-delà de 0,30 p. 100, la résistance augmente, l'allongement et la striction diminuent comme dans les aciers durcis uniquement par le carbone.

M. Otto Vogel nous fait connaître ensuite les résultats comparatifs fournis par deux métaux fabriqués couramment dans les usines de la *Cleveland Rolling Mill Company:* l'un est un acier extra-doux ordinaire, et l'autre un acier de composition analogue additionné de 2,5 p. 100 environ de nickel.

NATURE du métal	TENEUR DU MÉTAL en carbone	TENEUR DU MÉTAL en manganèse	TENEUR DU MÉTAL en nickel	LIMITE élastique par kg. en mm²	CHARGE de rupture par kg. en mm²	ALLONGEMENT p. 100	STRICTION p. 100	OBSERVATIONS
Acier extra-doux.....	0,10 0/0	0,27 0/0	»	24,66	38,31	28	57	Moyenne des 6 barrettes.
Acier-nickel.	0,08 0/0	0,36 0/0	2,69 0/0	33,09	46,46	25,05	50,5	Moyenne des 5 barrettes.

Ces essais mettent en relief l'action durcissante sur

l'acier doux du nickel à la teneur de 2,5 p. 100; mais ils ne donnent pas d'autre indication.

Enfin M. Vogel signale quelques applications de l'acier-nickel au matériel de guerre américain.

La Compagnie des Forges de Bethléem a livré à la Marine américaine des canons de 8 pouces (20 centimètres) en acier à 4,5 p. 100 de nickel et probablement à 0,10 p. 100 de carbone, qui ont donné aux essais mécaniques les résultats suivants,

DÉSIGNATION des différentes parties de la pièce	DIAMÈTRE des éprouvettes	LONGUEUR entre repères	LIMITE élastique en kil. par mm²	CHARGE de rupture en kil. par mm²	ALLONGEMENT p. 100	STRICTION p. 100
Tube........	12mm,7	50mm,8	40,98	65k,52	21,2	42
Chemise.....	id.	id.	42,8	70 ,23	20,4	50,9
Frettes......	id.	id.	47,94	76 ,70	20,5	46,9

La valeur du rapport $\frac{E}{R}$, moins élevée que pour nos aciers à blindages trempés et recuits, est néanmoins supérieure à celle que l'on obtient avec des aciers au carbone de même dureté; mais l'allongement et la striction ont des valeurs très grandes, comparables à celles que donne l'acier doux.

Le fusil nouveau modèle système Greener, adopté pour l'armement des troupes de la Marine, a son canon en acier à 0,20 p. 100 de carbone et 2,5 p. 100 de nickel.

Ces renseignements un peu vagues montrent surtout que les Américains ont reconnu le parti que l'on pouvait tirer de l'introduction du nickel dans les aciers; ils ne peuvent que nous encourager à étendre le champ des applications pratiques des aciers-nickel.

Premières tentatives d'application des aciers à forte teneur en nickel. — Les premières tentatives d'application des

aciers à forte teneur en nickel datent de 1885 et ont été faites d'abord par l'usine de Montataire. L'usine d'Imphy a repris ces expériences en 1887 pour le compte de la Société le *Ferronickel;* mais les aciers étaient très carburés, et les résultats obtenus par l'introduction du nickel ne furent pas bien nets.

En 1888, M. James Riley, de Glasgow, s'est livré sur les aciers au nickel à une série d'essais méthodiques qui ont fait, au printemps de 1889, l'objet d'une communication au meeting de *The Iron and Steel Institute*. Nous résumons ci-après cette communication très intéressante, qui a été publiée *in extenso* par le journal *Iron* dans son numéro du 10 mai 1889.

M. Riley expose d'abord que la fabrication industrielle du lingot d'acier-nickel au four Martin Siemens, avec une composition fixée à l'avance d'une manière précise, ne

TABLEAU I. — *Essais d'a*

MARQUE	COMPOSITION			ESSAIS DE TRACTION SUR LE MÉTAL COULÉ					ESSAIS DE TRACTION SUR LE MÉTAL COULÉ ET ...			
	Ni p. 100	C p. 100	Mn p. 100	Limite d'élasticité en kil. par mm²	Charge de rupture en kil. par mm²	Allongement p. 100 sur 200 millim.	Allongement p. 100 sur 100 millim.	Striction p. 100	Limite d'élasticité en kil. par mm²	Charge de rupture en kil. par mm²	Allongement p. 100 sur 200 millim.	Allongement p. 100 sur 100 millim.
1	1	0,42	0,58	Barrettes défectueuses.					42,97	85,94	»	[illegible]
2	2	0,9	0,5	Trop dur pour être usiné avec l'acier Mushet.								
3	3	0,35	0,57	31,16	54,93	»	2,5	5,6	37,78	54,93	»	[illegible]
4	3	0,6	0,26	»	»	»	»	»	»	»	»	»
5	4	0,87	0,5	Trop dur pour être usiné avec l'acier Mushet.								
6	4,7	0,22	0,23	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7	5	0,3	0,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8	5	0,5	0,34	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9	10	0,5	0,5	Trop dur pour être usiné.				Donne un bon outil coupant quand il e...				
10	25	0,27	0,85	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11	25	0,82	0,52	»	»	»	»	»	»	»	»	»
12	49,4	0,35	0,57	»	»	»	»	»	»	»	»	»

présente aucune difficulté; le métal est très fluide et paraît bien homogène. A signaler cependant une retassure assez profonde dans les lingots les plus riches en nickel. Il convient de remarquer, en outre, que les rognures, les riblons et les scraps d'acier-nickel peuvent être refondus sans perte sensible de nickel et conservent, par suite, une valeur industrielle proportionnelle à leur teneur en nickel.

Le martelage et le laminage ne demandent pas de précautions particulières, sauf quand la teneur en nickel atteint 25 p. 100; dans ce cas, le chauffage ne peut être poussé aussi loin que pour l'acier ordinaire.

M. Riley présente les résultats d'une série d'essais mécaniques pratiqués sur des aciers à teneur variable en nickel, en carbone et en manganèse. Ces résultats sont donnés par les deux tableaux ci-après.

ntes teneurs en nickel.

ESSAIS DE TRACTION R LE MÉTAL LAMINÉ				ESSAIS DE TRACTION SUR LE MÉTAL LAMINÉ ET RECUIT					OBSERVATIONS
Charge de rupture en kil. par mm²	Allongement p. 100 sur		Striction p. 100	Limite d'élasticité en kil. par mm²	Charge de rupture en kil. par mm²	Allongement p. 100 sur		Striction p. 100	
	200 millim.	100 millim.				200 millim.	100 millim.		
90,66	»	11	24	47,38	86,73	»	18,7	45	
cellents outils après trempe au rouge sombre dans l'eau bouillante.									
80,27	»	20,3	37	44,07	76,34	»	20,3	42	
81,06	9	10,1	9	47,69	67,52	7,5	9	12	
cellents outils après trempe au rouge sombre dans l'eau bouillante.									
63,75	17,75	3,34	42	44,07	63,90	20	25	44,8	moyenne réduite par une pièce donnant un résultat inférieur.
73,03	10	12,5	22,5	44,07	67,05	15	17,5	18,5	
81,85	14	15,6	14	51,15	73,66	13,5	14	17	
courant d'air chaud.									
80,90	10,5	11,7	»	20,07	72,09	29	30	28,6	
74,92	43,5	47,6	60	23,77	66,26	40	45,3	43,6	
58,87	»	12	24	33 05	58,24	»	20	29	

TABLEAU II. — *Essais à la torsion.*

MARQUE	NOMBRE de spires sur une longueur de 76 mm. (3 pouces)	DIAMÈTRE DE LA BARRE 25mm,4 (1 pouce) LONGUEUR DU LEVIER 0m,305 (1 pied) Poids en kilos		ÉTAT du métal	COMPOSITION			OBSERVATIONS
		Limite élastique	Charge de rupture		Ni p. 100	C p. 100	Mn p. 100	
1	$1\frac{1}{8}$	388	838	Martelé	1	0,42	0,58	Échantillon n° 1 du tableau I (non recuit)
2	$2\frac{1}{8}$	307	683	id.	5	0,3	0,3	id. 7 id.
3	$1\frac{3}{4}$	301	784	id.	3	0,35	0,57	id. 3 id.
4	$1\frac{1}{8}$	281	677	id.	4,7	0,22	0,23	id. 6 id.
5	$2\frac{5}{8}$	251	704	id.	50	0,35	»	id. » id.
6	3	231	884	id.	25	0,27	0,85	id. 10 id.
1 R	$1\frac{7}{8}$	316	820	Recuit	1	0,42	0,58	id. 1 (recuit)
2 R	$2\frac{3}{8}$	296	673	id.	5	0,3	0,3	id. 7 id.
4 R	$2\frac{3}{8}$	296	654	id.	4,7	0,22	0,23	id. 6 id.
6 R	5	163	952	id.	25	0,27	0,85	id. 10 id.
7	$1\frac{15}{16}$	272	766	Martelé	»	0,51	»	Acier Siemens à 74 kilogrammes.
8	$1\frac{9}{16}$	272	769	id.	»	0,51	»	id. 79 id.
9	$3\frac{1}{8}$	202	557	id.	»	»	»	id. 47 id.

On voit que, d'une manière générale, la présence du nickel dans l'acier semble augmenter notablement la limite d'élasticité et la charge de rupture sans réduire beaucoup l'allongement. Toutefois les résultats donnés par l'échantillon n° 9 du tableau I montrent qu'une proportion de nickel voisine de 10 p. 100 communique à l'acier une très grande dureté, malgré une teneur en carbone de 0,5 p. 100 seulement et une teneur égale en manganèse. Quand la teneur en nickel dépasse 10 p. 100 et croît jusqu'à 25 p. 100, la présence de ce métal combat l'action durcissante du carbone et augmente notablement l'allongement, qui atteint près de 50 p. 100 avec

une charge de rupture de 67 kilogrammes environ, malgré une teneur en carbone de 0,82 p. 100 (échantillon n° 11 du tableau 1). Enfin, si la proportion de nickel s'élève jusqu'à 50 p. 100, le métal perd de ses qualités.

Les essais à la torsion ont donné des résultats assez intéressants.

La colonne *Observations* donne le numéro de l'échantillon qui permet de se référer aux essais de traction. Les essais de torsion ont été faits sur l'acier simplement martelé et sur l'acier martelé et recuit ; les échantillons sont classés dans les deux cas par ordre de mérite, et on a eu égard, pour cela, à la résistance à la rupture, à la limite élastique et à la ductilité telle qu'elle résulte du nombre de spires atteint par chaque barre. On voit que, pour obtenir de bons résultats, il n'est pas nécessaire de se servir d'aciers riches en nickel ; l'acier à 1 p. 100 de nickel occupe la première place dans ces deux séries d'essais.

M. Riley a constaté que les aciers à haute teneur en nickel sont susceptibles de prendre un très beau poli ; la couleur s'éclaircit à mesure que la proportion de nickel augmente.

La résistance à la corrosion de ces aciers est d'ailleurs très supérieure à celle de l'acier au carbone. Ainsi il résulte de nombreuses expériences que le rapport des temps nécessaires pour obtenir une même corrosion sur l'acier à 5 p. 100 de nickel et l'acier doux à 18 p. 100 de carbone atteint 10 ; si l'acier doux est remplacé par de l'acier à 0,40 p. 100 de carbone et 1,6 p. 100 de chrome, le même rapport atteint 15. Dans le cas de l'acier à 25 p. 100 de nickel, le même rapport s'élève à 87 et à 116. Ces résultats ont été obtenus par l'immersion des divers aciers dans l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique.

Jusqu'à 5 p. 100 de nickel, les alliages peuvent être

usinés assez facilement; au-delà de cette teneur, l'usinage devient plus difficile. Les plus pauvres se poinçonnent très bien tant avant qu'après recuit. L'acier à 1 p. 100 de nickel soude assez bien; mais cette qualité diminue à mesure que la teneur en nickel augmente.

M. Riley termine son mémoire par l'exposé des applications possibles des aciers-nickel.

En ce qui concerne l'acier à 25 p. 100 de nickel, il cite particulièrement les boîtes à feu des chaudières du type locomotive, les coques des torpilleurs, pour lesquelles la légèreté et la résistance, jointes à une inoxydabilité à peu près complète, présentent une importance capitale. Quant aux alliages dont la teneur en nickel est égale ou inférieure à 5 p. 100, ils pourraient être employés très avantageusement à la fabrication des arbres de machines et des pièces de forge diverses entrant dans la construction des navires. Enfin ces derniers métaux, convenablement traités à la trempe et au recuit, paraissent susceptibles de donner d'excellents blindages.

Dès l'année 1888, M. Riley se rendait donc bien compte de l'avenir réservé aux aciers-nickel. Toutefois la question des applications pratiques des aciers à forte teneur en nickel était loin d'être résolue, et nous verrons plus loin comment l'usine d'Imphy est parvenue à triompher des difficultés qu'elle présentait.

Ferro-nickels fabriqués par la Société Cockerill, à Seraing (Belgique). — Au commencement de 1894, les aciéries de la Société Cockerill, à Seraing (Belgique), ont eu recours, pour obtenir un métal à limite élastique très élevée, en même temps que très ductile et très malléable, à un alliage de nickel et de fer homogène à grande teneur en nickel. Les résultats obtenus ont été l'objet d'une communication faite, le 8 juillet 1894, par M. Ph. Moulan, Ingénieur de la Société Cockerill, à l'Association des

Ingénieurs sortis de l'École de Liège, communication qui a été publiée par la *Revue universelle des Mines et de la Métallurgie* (n° 2 du t. XXVII ; août 1894).

Le métal employé avait la composition suivante :

Carbone	0,06
Silicium	0,01
Soufre	0,02
Phosphore	0,016
Manganèse	0,35
Nickel	7,50

C'était donc bien du ferro-nickel, c'est-à-dire du fer presque pur allié au nickel.

Les éprouvettes de traction obtenues par forgeage et tournage avaient 100 millimètres entre repères et 200 millimètres carrés de section ; elles ont été essayées à la machine Thomasset et à l'appareil Bauschinger. Voici les résultats obtenus :

ÉPROUVETTES	LIMITE de proportionnalité	COMMENCEMENT des grands allongements	LIMITE tardive d'élasticité	RÉSISTANCE par millimètre carré	ALLONGEMENT p. 100	CONTRACTION p. 100
Naturelles	24,8	31,5	40,5	54	24,3	60,4
Trempées à 900° à l'eau	45,2	59,4	107	125,5	10,2	50,5
d° recuites à 500°	41,8	55	82,3	82,7	12,5	61,2
d° à l'huile	39,2	56,4	97,3	99,6	9,3	42,3
d° recuites à 500°	35	52,9	81	84	12,2	52,5

La trempe à l'eau et à l'huile élève considérablement la limite élastique, et le recuit à 500° diminue peu cette limite élastique élevée, tout en augmentant l'allongement et surtout la striction.

A titre de comparaison, M. Moulan donne un tableau faisant connaître les résultats obtenus sur un acier Martin à dose de carbone nécessaire pour remplacer le

nickel comme élément durcissant dans la limite du possible.

Cet acier présentait la composition suivante :

Carbone	0,55
Silicium	0,20
Soufre	0,03
Phosphore	0,047
Manganèse	0,70

Il a donné aux essais de traction les résultats ci-après :

ÉPROUVETTES	LIMITE tardive d'élasticité	RÉSISTANCE par millimètre carré	ALLONGEMENT p. 100	CONTRACTION	OBSERVATIONS
Naturelles	51,6	86	12,1	24,4	»
Trempées à 900° à l'eau	53,2	73,8	2,2	0,9	Cassure brusque
d° recuites à 500°	80,2	102,9	7,7	27,3	»
d° à l'huile	7,16	93,4	1,8	4,7	»
d° recuites à 500°	78,8	106	9,8	27,3	»

On voit que le ferro-nickel présente sur l'acier carburé l'avantage de donner, après les opérations de trempe et de recuit, avec des valeurs plus grandes de la limite tardive d'élasticité, des contractions et des allongements réguliers et relativement élevés.

La cassure de l'éprouvette trempée en acier carburé est sèche et grenue ; celle de l'éprouvette correspondante de ferro-nickel est soyeuse et reste semblable à celle de l'éprouvette non trempée.

Les essais de pliage corroborent les résultats ci-dessus. Des barres carrées de 25 millimètres de côté, en acier carburé, trempées à l'eau ou à l'huile, cassent brusquement sous un choc, tandis que des barres de ferro-nickel, trempées et essayées dans les mêmes conditions, se plient à bloc sans déchirure.

On a fait également, sur des barrettes de ferro-nickel et de fer homogène de même composition sans nickel, des essais à la flexion, qui ont permis de déterminer les limites élastiques, que M. Moulan appelle les coefficients élastiques de flexion par millimètre carré. Des barres carrées de 50 millimètres carrés de côté ont été placées sur des appuis distants de 0m,500 et chargées au milieu jusqu'à déformation permanente.

Les déformations permanentes ont eu lieu pour le fer homogène à 4.648 kilogrammes et pour le ferro-nickel à 8.652 kilogrammes. La limite élastique R a été déterminée par la relation $\frac{I}{v} \times R = \frac{PL}{4}$, et on a trouvé :

Pour le fer homogène..........	R = 27k,900
Pour le ferro-nickel...........	R = 50k,900

Or on a obtenu comme résistances élastiques à la traction (commencement des grands allongements) sur barrettes naturelles :

Pour le fer homogène............	R = 21k,0
Pour le ferro-nickel..............	R = 40k,5

Ces résultats sont concordants; car, d'après M. Considère, le rapport des résistances élastiques à la traction et à la flexion a pour valeur 1,31 pour une section carrée.

A part la question de prix, tout l'avantage revient au ferro-nickel pour l'emploi dans la construction des ponts et charpentes, des coques de navire, des chaudières et des arbres de machines. Le ferro-nickel se travaille d'ailleurs avec la même facilité que le fer homogène au forgeage, au laminage, à l'étampage et à l'emboutissage. Le seul inconvénient qu'on puisse lui reprocher, c'est de ne pouvoir se souder au feu de forge.

Recherches méthodiques sur les propriétés mécaniques des aciers à différentes teneurs en nickel. — Plusieurs usines

métallurgiques françaises se sont livrées, dans ces dernières années, à des recherches méthodiques sur les propriétés mécaniques des aciers à différentes teneurs en nickel ; nous citerons, en particulier, l'usine de Marais à Saint-Étienne et l'usine Saint-Jacques à Montluçon. Elles ont coulé au creuset une série d'alliages dont la teneur en carbone variait de 0,10 à 1 p. 100, et la teneur en nickel de 2 à 25 p. 100 ; les lingots ont été forgés, et l'on a ensuite prélevé des barrettes de traction et des barreaux de choc après leur avoir fait subir divers traitements métallurgiques. C'est l'usine de Montluçon qui a dégagé de ces expériences les résultats les plus nets ; ces résultats peuvent être résumés comme suit.

1° *Aciers à teneur en nickel comprise entre* 2 *et* 5 *p.* 100. — A une teneur comprise entre 2 et 5 p. 100, le nickel augmente la résistance de l'acier, et son action est d'autant plus grande que la teneur en carbone est plus faible ; cette action devient très peu sensible à partir d'une teneur en carbone de 0,50 p. 100. Ce qui caractérise particulièrement les métaux de cette classe, c'est la valeur élevée que prend après trempe le rapport de la limite élastique à la charge de rupture. Ces aciers se forgent et se laminent bien et se travaillent bien sur les machines-outils.

2° *Aciers à teneur en nickel comprise entre* 10 *et* 20 *p.* 100. — Le nickel, aux teneurs de 10, 15 et 20 p. 100, élève beaucoup la résistance de l'acier. Une addition de 0,10 p. 100 de carbone fait passer la charge de rupture de 30 à 65 kilogrammes, et une addition de 20 p. 100 de nickel la porte à 110 kilogrammes ; avec des teneurs en carbone plus élevées, on arrive à des résistances plus considérables qui dépassent 200 kilogrammes. Cependant la charge de rupture diminue quand la proportion de carbone dépasse une certaine limite, qui est de 0,50 p. 100 pour le métal à 10 p. 100 de nickel.

La trempe n'a d'action durcissante que sur ceux de ces aciers dont la teneur en carbone ne dépasse pas 0,10 p. 100; encore cette action est-elle beaucoup plus faible que sur les aciers au carbone de même résistance, et, très peu sensible sur le métal à 15 p. 100 de nickel, elle devient nulle sur le métal à 20 p. 100. Tous ces métaux sont d'ailleurs très fragiles à l'état naturel, et la trempe augmente encore leur fragilité sans les durcir.

Ces métaux se forgent et se laminent bien; dès que la teneur en carbone dépasse 0,10 p. 100, on ne peut les travailler sur les machines-outils.

3° *Aciers à teneur en nickel comprise entre* 20 *et* 25 *p.* 100. — Les aciers à teneur en nickel comprise entre 20 et 25 p. 100 ont une limite élastique faible et une résistance peu élevée, qui varie d'ailleurs très peu avec la teneur en carbone. Mais, par contre, les allongements à la rupture sont très grands, et le métal présente une absence de fragilité remarquable. La trempe fait peu varier la résistance et diminue la limite élastique; mais on peut, en écrouissant le métal par un forgeage à basse température non suivi de recuit, augmenter sensiblement la limite élastique et la porter à 55 kilogrammes par millimètre carré, pour une charge de rupture de 80 kilogrammes, tout en conservant un allongement de 25 p. 100.

Tant que la teneur en carbone reste inférieure à 1 p. 100, le métal se forge et se lamine bien; le métal à 1 p. 100 de carbone ne peut être forgé qu'entre 500° et 1.000° et à petits coups de pilon. L'usinage présente des difficultés assez sérieuses; mais il n'est pas impossible.

Il semble ressortir de ces recherches que seuls les aciers au nickel de la première et de la troisième catégories soient susceptibles d'applications pratiques; la fragilité et les difficultés d'usinage des métaux de la deuxième catégorie semblent les rendre complètement inutilisables. C'est à l'usine d'Imphy que revient l'honneur d'avoir mis en

relief les qualités mécaniques remarquables que l'on peut obtenir pour ces métaux par un recuit à basse température. Nous verrons, en effet, qu'elle a étudié un acier à 12 p. 100 de nickel et 1 p. 100 de chrome, qui, très dur et très fragile après forgeage et après trempe, prend, après un simple recuit au bois flambant, un allongement à la rupture notable, tout en conservant une résistance élevée.

Dans la pratique, on a généralement additionné de chrome les aciers au nickel qui ont reçu des applications. L'action du chrome est assez variable; mais sa présence n'apporte pas de modification profonde dans les propriétés du métal. Dans les aciers à faible teneur en nickel, il contribue à augmenter l'action durcissante du nickel; dans les aciers à haute teneur en nickel, il donne au métal la dureté minéralogique nécessaire, et il le rend plus facile à travailler sur les machines outils.

II

DE L'ACIER AU NICKEL ET AU CHROME, A TENEUR EN NICKEL COMPRISES ENTRE 20 ET 25 P. 100 FABRIQUÉ PAR L'USINE D'IMPHY.

Des recherches qui ont précédé à Imphy la fabrication du métal NC4. — Nous allons exposer sommairement, d'après les renseignements que nous a donnés l'usine d'Imphy, les recherches qui ont amené cette usine à fabriquer l'acier spécial au nickel et au chrome que nous avons expérimenté.

Les premières tentatives ont commencé en janvier 1894. Les ateliers de Puteaux avaient demandé deux échantillons d'acier-nickel ou de ferro-nickel : l'un très doux, non susceptible de prendre la trempe et présentant un allongement considérable avant la rupture; l'autre très dur,

mais susceptible d'être travaillé à l'outil et présentant la limite élastique la plus élevée possible. Pour répondre aux propositions de Puteaux, on a coulé presque en même temps au creuset deux lingots qui devaient satisfaire aux désidérata exprimés par ces ateliers.

Le premier lingot, marqué N. 1, qui devait être un ferro-nickel à 25 p. 100 de nickel, avait la composition suivante :

Carbone	0,05
Silicium	0,035
Soufre	0,030
Phosphore	0,048
Manganèse	0,085
Nickel	25,88

Dans le but d'éviter à coup sûr toute oxydation, on avait mis dans le creuset, pour 25 kilogrammes de métal, 70 grammes de ferro-manganèse à 70 p. 100 et 25 grammes de ferro-silicium à 10 p. 100. La fusion s'est opérée facilement, et le métal a été coulé dans une lingotière en deux parties, à section carrée de 70 millimètres de côté. Le lingot cassé présentait une texture caractéristique, qui s'est retrouvée ultérieurement dans tous les lingots à 25 p. 100 de nickel fabriqués à Imphy. De nombreuses aiguilles très nettes partent de la surface, à laquelle elles sont normales, et viennent se couper suivant les diagonales de la section ; le centre est formé de petits cristaux constituant un ensemble embrouillé.

Le lingot N. 1 a été forgé de manière à donner une barre carrée de 40 millimètres de côté. La barre était très pailleuse, et les veines allaient jusqu'au cœur du barreau. Aussi les résultats des essais de traction ne présentent-ils pas grand intérêt. Ces essais ont été faits sur des éprouvettes tournées de $13^{mm},8$ de diamètre et de 100 millimètres de longueur entre repères. On n'a pas pu

observer la limite élastique; on a trouvé 90 kilogrammes pour la charge à la rupture par millimètre carré et 4 p. 100 d'allongement seulement.

Ce qui caractérise particulièrement ce métal, c'est qu'il est très difficile à travailler; le copeau s'arrache sans être coupé, et bourre devant l'outil. En outre, cet acier ne présente aucune dureté minéralogique; il se laisse facilement entailler à la tranche, même par l'acier doux.

Le deuxième lingot, pour lequel on recherchait surtout une limite élastique très élevée, devait contenir 0,50 de carbone, 5 p. 100 de nickel et 1 p. 100 de chrome. Il a été appelé NC1 et présentait la composition suivante :

Carbone	0,412
Silicium	0,221
Manganèse	0,288
Nickel	5,65
Chrome	1,03

On avait mis dans le creuset 225 grammes de ferro-silicium et 110 grammes de ferro-manganèse.

Le forgeage du lingot s'est fait sans trop de difficultés; un morceau du carré de 40 millimètres obtenu a été laminé sans difficulté en rond de 16 millimètres. Les éprouvettes de traction ont cassé dans les mordaches, et ont accusé une charge à la rupture de 70^{kg},07 pour le métal recuit et de 135^{kg},06 pour le métal trempé à l'eau; la limite élastique n'a pu être observée. Ce métal a été reconnu inutilisable par les ateliers de Puteaux, en raison de son extrême dureté qui le rend impossible à travailler.

On s'est alors retourné vers le métal à 25 p. 100 et on a cherché, par des modifications apportées à la composition de l'acier N. 1, à obtenir des lingots capables de fournir des barres non pailleuses et d'une dureté minéralogique suffisante.

Le métal N. 2 devait avoir la composition suivante :

Carbone	0,700	p. 100
Silicium	0,250	—
Nickel	25	—

On a essayé de laminer le lingot de 70/70 millimètres obtenu ; mais il avait été trop chauffé et il s'est divisé en plusieurs morceaux. Avec ces morceaux et des additions convenables on a coulé un second lingot de 70/70, qui devait avoir la même composition et dont l'analyse a donné les résultats ci-après :

Carbone	0,610
Silicium	0,326
Soufre	0,035
Phosphore	0,010
Manganèse	0,245
Nickel	24,72

La peau était propre, la texture analogue à celle du lingot N. 1. Le métal s'est forgé très facilement au rouge cerise ; à une température plus élevée, il avait une tendance à casser sur les angles, et, à une température plus basse, il se forma sur la peau une sorte de craquelage superficiel.

Le lingot a d'abord été étiré en barre à section carrée de 40 millimètres de côté, et un morceau a été laminé en rond de 16 millimètres. Le laminage a été facile ; mais la barre était encore pailleuse. On a tourné deux barreaux de 13mm,8 de diamètre et de 100 millimètres entre repères, qui ont été essayés à la traction.

On a obtenu les résultats suivants :

	CHARGE DE RUPTURE	ALLONGEMENT p. 100	STRICTION p. 100
Après recuit	85k	43	61
Après trempe à l'eau	80 ,7	43	67

Les éprouvettes se sont allongées régulièrement ; aucun arrêt de la colonne de mercure n'a permis d'observer la limite élastique. Les ateliers de Puteaux, qui ont reçu un échantillon de ce métal, ont trouvé une limite élastique de 58 kilogrammes.

On voit que ce métal ne prend pas du tout la trempe. Il manque, comme l'acier N. 1, de dureté minéralogique ; en outre, il est très difficile à travailler.

L'augmentation de la teneur en carbone n'ayant pas permis d'obtenir, pour l'acier à 25 p. 100 de nickel, la dureté minéralogique voulue, l'usine a étudié l'influence sur l'alliage de l'addition de certains métaux. On a commencé par ajouter environ 0,5 p. 100 de chrome, et l'on a coulé au creuset un lingot NC2 présentant la composition ci-après :

Carbone	0,455
Silicium	0,385
Soufre	0,034
Phosphore	0,029
Manganèse	0,410
Chrome	0,413
Nickel	24,150

Ce métal se forge bien, surtout si l'on commence l'opération à une température modérée. Les essais de traction prélevés sur des ronds de 16 millimètres laminés ont donné pour une barrette une charge à la rupture de 77kg,0 7avec un allongement de 52 p. 100 et, pour l'autre, une charge à la rupture de 82 kilogrammes avec un allongement de 37 p. 100 ; mais cette dernière barrette était probablement mal recuite. Une troisième barrette a été allongée de 30 millimètres, puis recuite, allongée de nouveau de 30 millimètres, et ainsi de suite ; cassée au 10e recuit, elle a encore donné 42 p. 100 d'allongement, ce qui a conduit à un allongement total à froid de 342 millimètres, soit 242 p. 100.

On a coulé ensuite un second lingot qui présentait sensiblement la même composition; toutefois la teneur en chrome avait été portée de 0,413 à 0,50 p. 100. Les essais de traction après recuit ont accusé une charge de rupture de $78^{kg},4$ avec un allongement de 44 p. 100; mais l'éprouvette a cassé au repère.

Un barreau de choc des dimensions habituelles

($30^{mm} \times 30^{mm}$ de section et 200 millimètres de longueur)

a été essayé au mouton de 18 kilogrammes, et l'on retournait le barreau après chaque coup de mouton. Le barreau a supporté, avant de se rompre, quinze coups à une hauteur de chute de $2^{m},75$ et quatre-vingts coups à une hauteur de chute de 3 mètres.

Ce métal est remarquablement tenace et, même entaillé profondément, ne se laisse casser qu'avec les plus grandes difficultés; mais il se travaille très difficilement à l'outil et manque tout autant que le N.1 de dureté minéralogique.

L'insuffisance des résultats obtenus a conduit l'usine d'Imphy à recourir à une addition de tungstène, et elle a coulé un lingot NW1, dont l'analyse a donné les résultats suivants :

Carbone	0,566
Silicium	0,232
Soufre	0,029
Phosphore	0,120
Manganèse	0,500
Nickel	24,820
Tungstène	2,05

Ce métal se forge bien; les épreuves de traction sur barrettes, découpées dans des ronds laminés de 16 millimètres de diamètre, ont donné les résultats suivants :

	CHARGE DE RUPTURE	ALLONGEMENT p. 100
	kilos	
Barre laminée sans recuit	86,7	41
d° et recuite	78,5	44,5
d° et trempée à l'eau	76	41

La trempe n'a aucune influence sur le métal. Il se travaille un peu mieux que le métal NC2 et prend un très beau poli ; mais sa dureté minéralogique, quoique un peu supérieure à celle de NC2, est encore faible.

Le tungstène n'ayant pas fourni la dureté minéralogique recherchée, l'usine est revenue au chrome, et elle en a augmenté la teneur. Le lingot NC3 présentait la composition suivante :

Carbone	0,535
Silicium	0,527
Phosphore	0,011
Manganèse	0,324
Nickel	24,860
Chrome	1,420

Les essais de traction sur barreaux tournés à $13^{mm},8$, prélevés dans des ronds laminés de 16 millimètres de diamètre, ont donné les résultats suivants :

	LIMITE D'ÉLASTICITÉ	CHARGE A LA RUPTURE	ALLONGEMENT p. 100
	kilos	kilos	
Métal recuit	36	82,5	55
Métal trempé	34,5	79,5	59

Puteaux a trouvé de son côté les résultats suivants :

Limite d'élasticité	40 kg.
Charge de rupture	80 kg.
Allongement p. 100	39

Ce métal se coule et se forge bien. Il se travaille plus

facilement à l'outil que l'acier NC2, surtout sur le tour; enfin sa dureté minéralogique, sans être forte, est notablement supérieure à celle du métal NC2.

Ces résultats relativement satisfaisants de l'acier NC3 avaient mis bien en relief l'influence favorable de l'addition du chrome.

Pour arriver au métal type auquel l'usine s'est définitivement arrêtée, il a suffi de doubler la teneur en chrome, qui a été portée à 3 p. 100. On a ainsi obtenu l'acier dit NC4, dont les propriétés remarquables seront étudiées au cours de cette note.

La composition de la charge dans le creuset étant la même que pour le métal NC3, on a seulement augmenté la proportion du ferro-chrome à 48 p. 100. L'analyse du métal obtenu a donné les résultats ci-après :

Carbone	0,760
Silicium	0,469
Phosphore	0,013
Manganèse	0,360
Chrome	2,880
Nickel	24,960

Ce métal se forge bien et a une dureté minéralogique assez forte; il se travaille, en outre, assez bien à froid, surtout quand il est écroui. La trempe a d'ailleurs sur le métal une action adoucissante, analogue à celle du recuit, comme le montre le tableau ci-après des essais de traction faits sur des barreaux de 13 millimètres de diamètre, tournés sur des ronds de 16 millimètres écrouis par un laminage au rouge sombre.

	CHARGE DE RUPTURE	ALLONGEMENT p. 100
	kilos	
Métal recuit une seule fois	99,6	29
Métal recuit deux fois	90,2	55
Métal recuit et trempé	91,4	55
d°	92,4	48,5

On a même observé qu'une trempe au bois étincelant avait une action presque comparable à celle du recuit au rouge cerise. Quatre barrettes, de traction de $13^{mm},8$ de diamètre, ont été découpées dans un rond de 16 millimètres écroui comme le précédent, et ont donné les résultats suivants :

	CHARGE DE RUPTURE	ALLONGEMENT p. 100
	kilos	
Métal non recuit	104	19
Métal recuit au rouge cerise	99,5	29
Métal non recuit trempé au bois étincelant	104,2	21
Métal recuit et trempé au bois étincelant	93	49

Comme la colonne de mercure n'éprouve pendant l'essai aucun arrêt dans son ascension et que l'allongement élastique est très considérable, on n'a pu déterminer la limite élastique sur ces diverses barrettes. L'usine a eu connaissance ultérieurement d'un procédé électrique employé par Puteaux pour cette détermination, et elle a pu obtenir, par ce procédé, la limite élastique d'une barrette de $13^{mm},8$, découpée au centre d'une barrette à section carrée de 40/40 millimètres martelée au rouge sombre, qui a donné les résultats suivants :

Limite d'élasticité	$59^{k},8$
Charge à la rupture	$93^{k},5$
Allongement p. 100	36, 5

L'usine de Puteaux a trouvé sur des barrettes prélevées dans les mêmes conditions :

Limite d'élasticité	73 kg.
Charge à la rupture	95 kg.
Allongement p. 100	29,8

L'usine d'Imphy ne s'est pas arrêtée immédiatement au métal NC4 ; elle a continué ses recherches par la coulée

de différents aciers, dans lesquels elle a augmenté la teneur en chrome, puis allié le tungstène au mélange de nickel et de chrome, puis forcé la teneur en manganèse en supprimant le chrome. Mais ces dernières tentatives ne donnèrent que des résultats assez médiocres, et l'on est revenu définitivement au métal NC4. Toutefois la teneur en nickel a varié dans la suite entre 20 et 25 p. 100, et la teneur en chrome entre 2 et 3 p. 100.

Les premières pièces fabriquées avec ce métal ont consisté dans deux essieux destinés à Puteaux et tirés d'un lingot coulé au creuset. Ce lingot s'est forgé d'une manière assez satisfaisante ; mais, à chaque chaude, et malgré le burinage préalable, la peau se couvrait de petites pailles, d'ailleurs peu profondes. Il eût été préférable de continuer le forgeage sans se préoccuper des pailles et de laisser tout simplement sur la pièce brute un excédent de métal un peu supérieur à celui qu'on laisse habituellement.

Le tournage a pu s'opérer sans difficulté avec de l'acier chromé dur ordinaire; mais le rabotage a nécessité l'emploi d'aciers à outils spéciaux au chrome et tungstène.

Le premier échantillon à 0,60 p. 100 de chrome et 2 p. 100 de tungstène, trempé au rouge sombre, a suffi pour le travail; le deuxième, à 2,5 p. 100 de chrome et 9 p. 100 de tungstène, a pu travailler sans trempe et, en raison de sa teneur élevée en manganèse, 2,16 p. 100, il a pu se forger assez bien. Il convient de remarquer, toutefois, qu'on a dû faire marcher les outils très lentement, pour ne pas les briser.

Les essais de traction, prélevés par Puteaux aux extrémités des essieux, ont donné les résultats suivants :

	REPÈRES des barrettes	LIMITE d'élasticité	CHARGE à la rupture	ALLONGEMENT p. 100
		kil.	kil.	
Essieu n° 1	1	51,7	87,8	44,5
	1 A	60	90,6	31,6
	moyenne	55,8	89,2	38
Essieu n° 2	2	64,9	94,9	32,8
	2 A	63,7	90	38
	moyenne	64,3	92,4	35,4

Résultats de la première coulée de métal NC4 au four Martin Siemens. — L'usine d'Imphy a coulé pour la première fois le métal NC4 en grande masse au four Martin Siemens acide le 20 octobre 1894.

La majeure partie du nickel (1.100 kilogrammes) a été mise au four avec la première charge; les 300 kilogrammes restants ont été ajoutés après la fusion de cette charge. Les 350 kilogrammes de ferro-chrome à 50 p. 100, nécessaires pour donner au métal la teneur voulue en chrome, ont été ajoutés au bain à la fin de l'opération, quelques instants avant l'addition finale désoxydante et recarburante de ferro-manganèse.

L'opération n'a duré que six heures un quart et a très bien réussi. On a recueilli 5.700 kilogrammes de métal pour une charge totale de 5.910 kilogrammes, ce qui donne une mise au mille de 1.046 kilogrammes. Il ne restait dans la poche qu'une petite quantité de scories épaisses et mal fondues, qui avaient un aspect sablonneux.

Le gros lingot provenant de cette coulée pesait 3.482 kilogrammes; on a coulé, en outre, un lingot de 1.572 kilogrammes et deux petits lingots pesant en tout 513 kilogrammes.

Le métal NC4 ainsi produit avait la composition ci-après :

Carbone	0,587
Silicium	0,490
Phosphore	0,029
Manganèse	0,936
Chrome	3,160
Nickel	20,06

Une barrette de traction obtenue par le laminage d'un petit lingot-éprouvette et tournée à 12 millimètres, a accusé une charge à la rupture de 96^{kg},8 avec un allongement de 34 p. 100. Un des deux lingots de 250 kilogrammes, qui présentait à la base une section carrée de 260 millimètres de côté, a été forgé en rond de 115 millimètres de diamètre, et on a détaché sur le tour une rondelle de 28 millimètres d'épaisseur. On a prélevé dans cette rondelle une première éprouvette de traction E de 6^{mm},9 de diamètre sur 50 millimètres de longueur; puis on a découpé une deuxième éprouvette R de même dimension, après avoir trempé trois fois ce qui restait de la rondelle. Ces deux barrettes ainsi prises dans le sens du travail ont donné les résultats suivants :

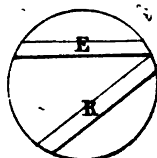


Fig. 1.

	LIMITE d'élasticité	CHARGE de rupture	ALLONGEMENT p. 100
	kil.	kil.	
Eprouvette à l'état naturel E.	44,2 (?)	80	28,4
id. trempée 3 fois R.	36,6 (?)	77	42,6

Le lingot de 3.500 kilogrammes a été transformé par martelage en un bloom, dont M. Lacombe, maître de forges à Rive-de-Gier, devait tirer un essieu moteur pour la Compagnie du Nord. Le forgeage de ce bloom a pu s'opérer dans des conditions satisfaisantes. Le métal se

martèle assez bien ; mais il est dur et, dès que la température s'abaisse au-dessous du rouge cerise, il s'écrouit de telle sorte que l'effet du marteau devient presque nul. Il s'est produit, en outre, à chaque chaude, des criqûres superficielles dont le burinage a été très difficile ; le burin s'émoussait rapidement, et le copeau, au lieu de se soulever et de se trancher, se refoulait. Il convient de signaler enfin que l'absence de contre-forgeage due à la grande largeur du lingot a déterminé dans les dernières chaudes des criqûres assez importantes sur les faces non forgées.

Le travail du bloom dans l'usine de M. Lacombe a été tenté sans succès. En voulant percer un trou au poinçon en *a* pour découper le bloom, comme l'indique le croquis ci-contre, on a, dès les premiers coups de marteau, cassé la pièce en deux. L'usine d'Imphy a attribué cet échec à un excès de chauffage et à l'absence de contre-forgeage déjà signalée. On a vérifié, en effet, que l'un des morceaux, après un léger forgeage dans tous les sens, a pu supporter assez bien le poinçonnage.

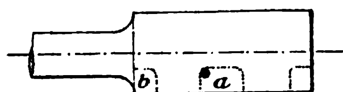


Fig. 2.

Le lingot de 1.600 kilogrammes a servi à fabriquer un tube de canon pour l'arsenal de Bourges. Le forgeage du tube s'est fait sans difficulté ; mais le tournage a mis en évidence des veines nombreuses, qui étaient d'ailleurs presque toutes d'un même côté et le long d'une même génératrice.

Les essais de traction pratiqués sur le tube ont permis de reconnaître les effets de la température de forgeage et de la trempe. Malgré un corroyage qui atteignait 9, une barrette de traction, prélevée dans une rondelle découpée à l'extrémité de la pièce, n'a donné que $68^{kg},6$ de charge à la rupture avec 21,5 p. 800 d'allongement, et la cassure ressemblait à du bois pourri. Ce phénomène,

dû à un reste de cristallisation, devait être attribué à la faible valeur de la température à laquelle l'usine avait opéré le forgeage dans le but d'éviter des criqûres. On a d'ailleurs pu faire disparaître entièrement la cristallisation en trempant trois fois au rouge cerise la rondelle qui avait servi au premier essai de traction ; une nouvelle barrette découpée après cette opération a donné une charge à la rupture de 73 kilogrammes avec 50 p. 100 d'allongement et 54 de striction. On a, en outre, constaté très nettement l'amélioration du métal due à la trempe, par la cassure toute soyeuse que présentait la rondelle ; enfin le tour a pu détacher des copeaux élastiques et résistants au lieu des copeaux courts que l'on avait obtenus d'abord.

Les lingots de 250 kilogrammes ont été laminés en disques de 5 et 10 millimètres d'épaisseur, qui ont été transformés en tubes sans soudure par M. Brunon, de Rive-de-Gier, après avoir été bien décapés à l'acide sulfurique et complètement débarrassés de toutes les pailles par un burinage soigné.

L'emboutissage et le laminage à chaud sur mandrins, qui constituent les premières opérations de la fabrication des tubes, n'ont révélé aucune difficulté spéciale résultant de l'emploi de l'acier à haute teneur en nickel ; mais l'étirage final qui se fait à froid est très dur et nécessite une grande puissance. Cette dernière phase du travail est beaucoup plus longue qu'avec les aciers ordinaires ; on est obligé de faire des passes moins fortes, et il faut avoir soin de tremper le tube entre chaque passage pour l'adoucir. A la première passe d'étirage à froid, des criqûres assez importantes se sont produites ; mais, dès la deuxième passe, elles avaient presque disparu. M. Brunon a attribué la formation de ces criqûres aux côtes que présentait le tube au sortir du laminoir ; le métal étant inégalement étiré, certaines parties subissent un travail trop considérable. Les criqûres ont pu être évitées dans la

suite par un passage à chaud à la filière qui arrondit le tube avant son étirage. En somme, cette fabrication a parfaitement réussi, et son succès permet de prévoir l'application du métal NC4 à la fabrication des tubes sans soudure et aussi des réservoirs de torpilles obtenus par emboutissage.

Essais comparatifs de flexions répétées pratiquées sur le métal NC4 et sur divers aciers. — A la demande de la Compagnie d'Orléans, il a été fait, sur deux barres de métal NC4 et sur des barres d'acier de diverses duretés, des essais destinés à permettre de comparer les résistances à des flexions répétées. Ces essais assez intéressants nous ont été communiqués par l'usine d'Imphy et nous les résumons ci-après :

Sur le plateau A d'un tour était fixé un plateau postiche B, dans lequel on avait encastré une barre E à section carrée. Une barre B′, placée dans le sens perpendiculaire à E, soutenait la barre E en la maintenant écartée

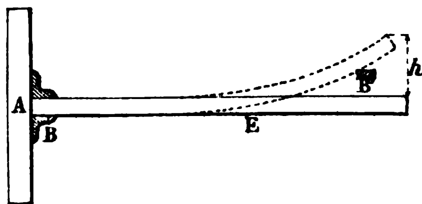


Fig. 3.

de sa position d'équilibre et, par suite, courbée avec une flèche *h*. Quand on faisait tourner la machine, le plan de flexion tournait avec une vitesse égale à la vitesse de rotation du tour autour de l'axe de la barre, et, si la flèche *h* était suffisante, la rupture se produisait dans la section d'encastrement après un nombre de tours variant avec la qualité d'acier soumise à l'essai.

Dans les diverses expériences, les barres avaient une section carrée de 20 millimètres de côté et une longueur de $1^{m},15$; la longueur de la partie encastrée était de 100 millimètres, et la partie soumise à la flexion avait exactement 1 mètre de longueur.

Les premiers essais ont porté sur une barre d'acier à 55 kilogrammes recuite, de la qualité de celles qui sont employées à la fabrication des essieux de l'artillerie, et sur une barre laminée non recuite de métal NC4. La flèche était égale à 95 millimètres. On n'a pas relevé la vitesse du tour et le nombre de tours supporté par les barres avant rupture ; on a constaté seulement que, la machine marchant à la plus grande vitesse possible dans les deux cas, la barre d'acier ordinaire était rompue au bout de cinq minutes, tandis que la barre de métal NC4 avait résisté pendant dix-neuf minutes et demie.

Une seconde épreuve, dans laquelle on a noté exactement le nombre de tours nécessaires pour amener la rupture, a porté sur les échantillons suivants :

1° Une barre de métal NC4 laminé, non recuite, marquée NC4 ;

2° Une barre du métal trempée trois fois au rouge cerise et marquée NC4R ;

3° Une barre d'acier ordinaire à 80 kilogrammes de résistance, recuite au rouge cerise et marquée TR ;

4° Une barre de même acier, trempée à l'eau au rouge sombre et marquée TT ;

5° Une barre de la qualité employée à la confection des essieux de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, recuite au rouge cerise et marquée DR ;

6° Une barre de même acier trempée à l'eau au rouge cerise, recuite au rouge sombre et marquée DT.

Des essais de traction pratiqués sur ces barres avaient donné les résultats suivants :

MARQUE de la barre	DIAMÈTRE de l'éprouvette	LONGUEUR entre repères	LIMITE d'élasticité	CHARGE à la rupture	ALLONGEMENT p. 100
			kil.	kil.	
NC4.	8mm,9	65mm	54,6	90,9	37,7
NC4R.	id.	id.	43,9	89,5	39,0
TR,	id.	id.	47,1	83,9	16,9
TT.	id.	id.	42,7	183,1	10,8
DR.	id.	id.	31,4	48,5	25,4
DT.	id.	id.	38	53,7	22,3

La flèche donnée aux différentes barres a été de 64 millimètres. Avec cette flèche, la barre marquée NC4 a supporté 42.000 tours sans se rompre ; les autres barres se sont cassées après avoir subi les nombres de tours ci-après :

NC4R	35390
T.R	13273
T.T	18950
D.R	10325
D.T	17885

Pour arriver à casser la barre de métal NC4, on a porté la valeur de h de 64 à 75 millimètres, et elle a supporté encore 2.382 tours avant de se rompre.

Application du métal NC4 aux moulages d'acier. — L'usine d'Imphy a essayé d'employer le métal NC4 à la fabrication des moulages d'acier. Les résultats obtenus, quoique loin d'être satisfaisants, méritent cependant d'être relatés.

On a commencé par mouler en sable étuvé de petits barreaux carrés de 27 millimètres de côté. Ils sont bien venus avec des angles très nets ; mais ils présentaient de nombreuses soufflures, une retassure qui s'étendait sur toute la longueur et plusieurs tapures.

Pour éviter les soufflures, on a coulé de nouveaux barreaux de même forme en ajoutant au métal 0,4 p. 100

de silicium et 0,2 p. 100 d'aluminium; l'aluminium était introduit dans le creuset immédiatement avant la coulée. Les soufflures ont disparu, mais non la retassure; en outre, il y avait encore de nombreuses tapures, dues sans doute à ce que le démoulage avait été opéré à une température trop élevée.

Cependant, à la suite d'un essai de traction assez satisfaisant, pratiqué sur une barrette provenant d'un lingot de 25 kilogrammes de métal NC4 coulé en lingotière sans forgeage ni recuit, essai qui avait accusé une charge à la rupture de 74 kilogrammes, avec un allongement de 30,5 p. 100, M. Normand, constructeur au Havre, a commandé, à l'usine d'Imphy, deux pistons pour torpilleurs en métal NC4 moulé.

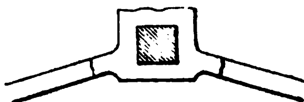


Fig. 4.

Le premier piston a dû être rebuté en raison des criqûres qu'il présentait autour de la masselotte et d'une profonde retassure dans la partie épaisse; les autres tentatives faites ultérieurement n'ont pas eu plus de succès.

La qualité du métal, vérifiée par des essais de traction sur de petits lingots coulés en sable avec les pièces, était d'ailleurs loin d'être satisfaisante. La charge de rupture ne dépassait pas 50 kilogrammes, l'allongement atteignait à peine 8 p. 100, et l'éprouvette cassait sans striction.

L'insuffisance des résultats donnés par les essais mécaniques pratiqués sur les pièces coulées en sable s'explique de la manière suivante: Si l'on casse un petit lingot de métal NC4 coulé en lingotière, on observe la texture caractéristique déjà décrite pour le métal N1 (*); des aiguilles très nettes et bien lisses partent de la surface

(*) P. 249.

extérieure à laquelle elles sont normales et viennent se couper suivant les diagonales de la section. Dans le lingot coulé en sable, on observe des aiguilles analogues ; mais elles sont beaucoup plus grosses et présentent sur toute leur longueur des stries nombreuses normales à leur direction. Ces stries dénotent une cristallisation complète, qui détermine la rupture des barrettes de traction sans allongement.

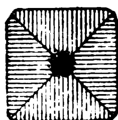


Fig. 5.

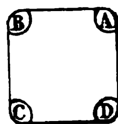


Fig. 6.

Toutefois la texture du métal peut être améliorée par la trempe ou le recuit. On s'en est rendu compte en détachant du pied d'un lingot coulé en sable et en tournant :

1° Une éprouvette de traction A, que l'on a laissée à l'état naturel ;

2° Une éprouvette B, qui a été trempée trois fois au rouge cerise très clair ;

3° Une éprouvette C, que l'on a recuite quatre fois au rouge cerise clair avec refroidissement rapide jusqu'au noir, suivi d'un léger réchauffement et d'un refroidissement lent à l'abri de l'air ;

4° Une éprouvette D, qui a été trempée par immersion au rouge cerise clair, puis recuite trois fois de suite.

Voici les résultats obtenus :

	DIAMÈTRE	LONGUEUR entre repères	LIMITE d'élasticité	CHARGE de rupture	ALLONGEMENT p. 100	OBSERVATIONS
			kil.	kil.		
Barrette A.	13mm,8	100mm	44,3	57,3	7,5	cassure en cristaux striés.
id. B.	id.	id.	36,8	61,8	23	cassure peu cristalline.
id. C.	id.	id.	31,9	54	16	cassure cristalline à petits cristaux striés.
id. D.	id.	id,	41	66	22,5	

On voit que le recuit améliore un peu la qualité du métal ; mais il ne peut suffire, même sur une éprouvette de traction, à plus forte raison sur les pièces elles-mêmes, à faire disparaître les stries des cristaux. La trempe seule sans détruire entièrement la cristallisation, puisque la surface de l'éprouvette est encore toute plissée, a produit une grande amélioration. Mais la trempe serait dangereuse à pratiquer sur les pièces moulées et produirait fréquemment des tapures.

L'usine espérait éviter la cristallisation complète en augmentant la vitesse du refroidissement ; dans ce but, elle arrosait avec de l'eau le lingot coulé en sable aussitôt le figeage commencé, puis elle le démoulait chaud en continuant de l'arroser, et finalement le trempait dans l'eau. Les aiguilles étaient cette fois très fines et orientées dans toutes les directions ; mais elles étaient encore striées. D'ailleurs, l'arrosage et la trempe avaient produit quelques tapures sur la surface et sur les angles.



Fig. 7.

En examinant la texture de l'un des pistons coulés pour M. Normand, texture formée d'aiguilles enchevêtrées et striées, on a remarqué que de certains points de la surface partaient des gerbes d'aiguilles lisses de 10 à 15 millimètres de longueur ; les gerbes partaient précisé-

ment des points où le métal était en contact avec les pointes du moule, et leur formation était due à une sorte de trempe locale du métal liquide; c'est donc sur la vitesse du refroidissement du métal encore liquide qu'il faudrait agir pour faire disparaître à coup sûr les stries des cristaux caractéristiques d'une grande faiblesse; mais l'opération pratique nécessaire pour arriver à ce résultat ne paraît pas facile à réaliser.

En somme, il a été impossible à l'usine d'Imphy de couler en métal NC4 des pièces saines autres que de petits lingots. En outre, la qualité du métal est loin d'être satisfaisante et ne peut guère être améliorée que par la trempe, qui constitue une opération très délicate pour des pièces coulées. Le métal NC4 ne paraît donc pas susceptible d'être appliqué à la fabrication des moulages.

Programme suivi par Guérigny pour les essais du métal NC4. — Aux termes des prescriptions ministérielles, nous devions étudier particulièrement la possibilité d'appliquer le métal NC4 à la confection des mèches, barres, transmissions de gouvernails, etc.

Le seul moyen de mener à bien cette étude nous a paru consister dans la fabrication d'une pièce de forge rentrant dans l'une des catégories désignées ci-dessus.

Dans le but d'avoir un corroyage suffisant, et après entente avec la Société Commentry-Fourchambault, nous avons commandé un lingot dont la partie saine et complètement utilisable devait peser 1.800 kilogrammes. Ce lingot devait permettre le forgeage de la barre de gouvernail de *l'Isly*. Cette barre, très courte et relativement légère, présentait toutes les difficultés d'exécution que l'on rencontre habituellement dans la pratique; la queue étirée à une section assez réduite a, sur une faible longueur, une double courbure qui ramène l'extrémité dans la direction de la partie voisine de la tête. Le chapeau pou-

vait d'ailleurs être forgé droit et cintré dans une étampe. La pièce devait être partiellement usinée après forgeage, de façon que l'on pût apprécier la manière dont se comporte le métal sous les machines-outils. Enfin, des barrettes et barreaux de choc, prélevés avant et après trempe et recuit, devaient permettre d'apprécier les propriétés mécaniques de ce nouvel acier.

En vue d'étudier d'une manière précise les propriétés mécaniques du métal, nous nous proposions de forger des barres rondes dont l'essai à la presse hydraulique employée habituellement pour les épreuves des chaînes permettrait de déterminer très exactement, d'une part, la limite élastique et, d'autre part, les allongements sous des charges croissantes, tant pour le métal naturel que pour le métal trempé et le métal recuit. Deux autres barres cylindriques de 60 millimètres de diamètre, l'une trempée, l'autre recuite, devaient être essayées à la flexion par choc avec et sans incision.

Enfin l'allongement considérable présenté par l'acier-nickel sous la charge de rupture paraissait devoir justifier son emploi dans la fabrication des blindages de pont et permettre de réaliser ainsi une grande économie de poids. Dans le but de vérifier par les moyens que nous possédons la possibilité de cette application, nous avons décidé de confectionner de petites plaquettes qui seraient soumises au choc d'un mouton spécial, terminé par une pointe ogivale en forme de projectile, et comparées à des plaquettes identiques d'acier extra-doux essayées dans les mêmes conditions.

Le métal NC4 étant actuellement très employé par l'artillerie sous forme de tôles, nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier les propriétés des tôles d'acier au nickel. Dans ce but, nous nous proposions de forger en plateau et de laminer une partie du lingot que devait nous fournir l'usine d'Imphy. Nous comptions reproduire

sur cette tôle les essais réglementaires de traction et les épreuves à chaud que l'on fait subir habituellement aux tôles d'acier; nous comptions également effectuer des essais de rivetage avec des rivets en acier-nickel.

Coulée au four Martin du lingot de métal NC4 fourni à Guérigny. — La coulée du lingot du métal NC4 qui nous a été fourni a donné lieu à deux tentatives infructueuses, après lesquelles le lingot a pu être obtenu dans des conditions satisfaisantes, le 3 septembre 1895.

La première opération, qui a eu lieu le 25 mai, a duré dix heures. Le four était usé et chauffait mal; dans le but de hâter l'affinage, qui paraissait trop lent, on a ajouté une quantité considérable de minerai (160 kilogrammes), et le nickel des riblons de métal NC4, chargé avec la première mise, a passé en grande partie dans le laitier. Tout le bain était d'ailleurs oxydé, et, le ferro-chrome introduit vers la fin de l'opération ayant servi de désoxydant, une grande quantité de chrome a passé également dans le laitier. Finalement, la teneur en nickel, qui, théoriquement, d'après les charges, devait être de 25 à 26 p. 100, était de 19,8 p. 100, et la teneur en chrome ne dépassait pas 1,05 p. 100.

La seconde coulée, qui a eu lieu le 31 juillet dans un four en bon état, a duré neuf heures. Jusqu'à l'introduction du ferro-chrome dans le bain, l'opération se présentait assez bien, quoique le métal parût un peu dur; mais, à partir de ce moment et malgré des additions successives de minerai destiné à affiner le bain, puis de ferro-manganèse et de ferro-silicium destiné à le désoxyder, on ne put arriver à obtenir des éprouvettes pliant à bloc. Dans ces conditions, l'usine a préféré laisser de côté le lingot destiné à Guérigny, et elle s'est contentée de couler des lingots plus petits pour son usage personnel.

L'opération du 3 septembre, qui a produit le lingot

envoyé à Guérigny, a eu lieu sans incident et dans des conditions normales ; elle a eu, cependant, une durée de huit heures et demie, un peu longue pour la charge de 6.000 kilogrammes mise au four. Une partie du nickel a été introduite dans le bain par les riblons d'acier-nickel compris dans la première mise, et par des feuillards et coulures composant la seconde mise ; après fusion complète et affinage du bain provenant de ces deux mises, on a ajouté 1.000 kilogrammes de nickel préalablement chauffé. Le ferro-chrome, qui devait donner au métal la teneur en chrome cherchée, n'a été introduit qu'à la fin, un quart d'heure environ avant l'addition finale désoxydante et récarburante de ferro-silicium. On a obtenu un lingot de 3.600 kilogrammes et 16 lingots de 180 kilogrammes. Les analyses effectuées sur le métal, tant à Guérigny qu'à Fourchambault, ont donné les résultats ci-après :

	COMPOSITION TROUVÉE	
	à Guérigny	à Fourchambault
Carbone	0,632	0,458
Silicium	0,188	0,268
Manganèse	0,424	0,576
Nickel	21,609	21,400
Chrome	2,210	2,364

Les essais pratiqués par l'usine d'Imphy sur un lingot prélevé au moment de la coulée ont fourni les résultats suivants :

	LIMITE d'élasticité	CHARGE de rupture	ALLONGEMENT pour 100	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$
	kilos	kilos		
Barrette naturelle	62	89,5	35,3	48,7
Barrette trempée	33,6	76	65,5	67,7

L'usine d'Imphy nous a envoyé, à titre gracieux, avec le lingot qui lui était commandé, un petit lingot de 180 kilogrammes destiné à des essais préliminaires de forgeage. Quant au gros lingot, qui pesait 3.588 kilogrammes, il nous a été expédié en entier, bien que nous n'eussions commandé qu'un lingot de 1.800 kilogrammes débarrassé de sa masselotte; le métal en excès devait être rendu au fournisseur.

Les difficultés rencontrées par l'usine d'Imphy dans la coulée au four Martin du métal NC4 tiennent, pour une grande part, à l'emploi des riblons et coulures d'acier-nikel qui ne peuvent être laissés de côté en raison de leur forte teneur en nickel et de la cherté de ce métal. Ces riblons étant chargés, dès la première mise, avec la fonte et le fer, le bain contient dès le début une certaine quantité de nickel, et l'on ne dispose, pour suivre la marche de l'opération, que d'éprouvettes à teneurs variables en carbone et en nickel, dont il n'est pas aisé de déterminer la composition par l'aspect des bords et de la cassure, comme avec des éprouvettes simplement carburées. Toutefois il semble que l'usine n'aurait pas eu besoin de s'attacher, comme elle l'a fait, à obtenir une teneur en carbone assez faible. Il paraît, en effet, ressortir des expériences de M. Riley et de celles mêmes de l'usine d'Imphy que la présence du nickel à haute teneur neutralise l'action durcissante du carbone, et nous ne pensons pas que des variations assez considérables dans la proportion de carbone (de 0,30 à 0,80, par exemple) modifient beaucoup les propriétés mécaniques du métal. Ce qui paraît le plus difficile à régler, c'est la teneur finale du métal en chrome; la quantité de chrome qui passe dans le laitier, par suite de l'action réductrice du ferro-chrome varie, en effet, avec le degré d'oxydation du bain. On ne peut guère l'apprécier par les éprouvettes ordinaires, dont les propriétés sont masquées par la présence du nickel ; on ne

peut l'obtenir que d'une manière assez approximative par le plus ou moins de soufflures de petits lingots carrés prélevés dans le bain et cassés au pilon.

Forgeage du petit lingot en métal NC4. — Le petit lingot pesant exactement 188 kilogrammes présentait la forme représentée par la *fig.* 1 (Pl. V).

Le forgeage a commencé le 18 octobre 1895.

Le pied a été d'abord étiré au pilon, en carré de 100 millimètres sur une longueur de 900 millimètres (*fig.* 2). Ce travail a demandé quatre chaudes d'une durée moyenne de dix minutes environ ; ces opérations, commencées au rouge cerise clair, ont été terminées à la température du rouge cerise naissant. A la seconde chaude, de petites criqûres se sont produites sur un angle ; elles ont été enlevées immédiatement à la tranche et n'ont pas reparu.

Le corps du lingot a été ensuite étiré cylindrique à un diamètre de 60 millimètres ; cinq chaudes ont été nécessaires pour l'amener à la forme représentée par la *fig.* 3. Le forgeage a été terminé par l'étirage du bout A en carré de 100 millimètres (trois chaudes), et on a coupé la pièce comme l'indique la *fig.* 4, pour en tirer ultérieurement diverses petites pièces.

Ces opérations ont permis de constater que le forgeage devait se faire entre des limites de température assez rapprochées : mais le métal, quoique très dur, s'est bien comporté dans le travail à chaud.

Forgeage du gros lingot en métal NC4. — Le gros lingot en métal NC4 livré à Guérigny, représenté par la *fig.* 5 (Pl. V), pesait, avec sa masselotte, 3.588 kilogrammes. Ce lingot présentait, dans le sens de sa longueur, cinq criqûres peu importantes, qui ne se sont pas accentuées au cours du travail et qui ont été enlevées à la gouge dans les premières chaudes de forgeage.

Le lingot a été mis au four le 16 octobre, à cinq heures du matin. La température du four était celle du rouge sombre, et on a laissé le lingot prendre lentement cette température pendant deux heures environ. A partir de ce moment, on a commencé à pousser le feu jusqu'à la température du rouge cerise très clair, qui a été atteinte à deux heures; la première chaude a été donnée en présence d'un ingénieur de l'usine d'Imphy.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, on se proposait de forger la barre de gouvernail de *l'Isly*, en confectionnant séparément la barre proprement dite et le chapeau de la tête; on a commencé par étirer le pied du lingot pour l'amener à la forme représentée par la *fig.* 6. Ce travail a demandé huit chaudes d'une durée moyenne de vingt minutes. A la deuxième chaude, six petites criqûres se sont montrées sur les faces du lingot, dans le sens perpendiculaire à l'axe, et ont été enlevées à chaud immédiatement. A la septième et à la huitième chaude, des criqûres ont paru sur un angle et ont été purgées de la même manière.

On a continué ensuite l'étirage du pied pour y former le chapeau de la barre, après avoir pratiqué au couperet, à la neuvième chaude, deux incisions suivant la ligne AB. La *fig.* 7 montre l'ébauche du chapeau telle qu'elle a été obtenue au bout de la dix-septième chaude. De nouvelles criqûres se sont produites sur les angles; la douzième et la treizième chaude ont été employées presque entièrement à purger ces criqûres.

A la dix-neuvième chaude, le chapeau a été détaché au couperet, et, après la vingt-deuxième chaude, il ne restait plus qu'à le cintrer au pilon dans une étampe, ce qui a pu se faire en quinze minutes au cours de la vingt-troisième chaude. Le chapeau terminé de forge est représenté par la *fig.* 8. Le forgeage proprement dit du chapeau, qui a commencé, en réalité, à la quinzième chaude, n'a donné lieu à aucune criqûre.

Pour forger le corps de la barre, on a commencé par étirer une queue de griffage au pied de ce qui restait du lingot, après séparation du chapeau, et on a détaché la masselotte. La maquette ainsi obtenue est représentée par la *fig*. 9. La confection proprement dite de la barre, du poids de 645 kilogrammes, telle que la montre la *fig*. 10, a demandé onze chaudes.

L'étirage de la tête en deux chaudes a dû se faire, en raison de la grande largeur, sans aucun contre-forgeage ; il en est résulté sur les faces non forgées des criqûres, d'ailleurs peu profondes, qui ne pouvaient avoir aucun inconvénient pour l'utilisation de la pièce. Les autres opérations n'ont donné lieu à aucune observation.

Le cintrage de la barre a demandé trois chaudes de quinze minutes, deux pour courber la pièce au collet suivant la forme 1, et une pour ramener la queue dans une direction parallèle à celle de la tête suivant la forme 2 (*fig*. 11). Aucune criqûre ne s'est produite au cours de ce travail.

On a tiré également du gros lingot de métal NC4, et du côté haut, un piston venu de forge avec sa tige pour un pilon de 250 kilogrammes, et un plateau de 455 kilogrammes destiné à être laminé en tôles.

En somme, quelques criqûres se sont produites, particulièrement sur les angles, au cours des premières chaudes données au lingot ; mais, une fois ces criqûres purgées, le travail a pu se terminer sans révéler de nouveaux défauts sérieux. En outre, des raisons d'économie ayant conduit à adopter pour le lingot une section un peu faible, l'absence de contre-forgeage dans l'étirage de la barre a fait naître quelques criqûres, d'ailleurs sans importance, sur les faces non forgées ; mais cet inconvénient ne se serait pas présenté, si l'on avait pu disposer d'un corroyage suffisant. L'acier au nickel et au chrome qui nous a été fourni par Imphy

supporte donc d'une manière satisfaisante le martelage au pilon, à la condition de ne pas être chauffé au-delà du rouge cerise très clair. Toutefois, comme le métal est très dur et que le pilon ne produit plus d'effet sensible au-dessous du rouge cerise, le forgeage est sensiblement plus long qu'avec l'acier doux.

Usinage des pièces en métal NC4. — Nous avons indiqué plus haut (p. 257) la composition des premiers aciers à outils employés par Imphy pour l'usinage des pièces en métal NC4. Ces outils exigeant pour les machines une marche trop lente, on leur a substitué ultérieurement deux autres métaux, l'un, appelé TCM à 2,5 p. 100 de chrome et 9,5 p. 100 de tungstène employé sans trempe, l'autre, appelé XC, simplement chromé que l'on trempait.

Les outils fabriqués avec ces deux aciers sont bons; mais le martelage en est difficile et exige des marteaux à allure très rapide. De plus, l'acier TCM a beaucoup criqué au forgeage. L'usine d'Imphy a donc renoncé à ces aciers et a adopté définitivement, pour l'ajustage du métal NC4, un métal dit XW, à 6,5 p. 100 de tungstène et 0,8 p. 100 de chrome qui se forge bien, prend bien la trempe et fournit d'excellents outils.

Le métal XW a été employé à l'exclusion de tout autre acier spécial pour l'usinage des pièces en métal NC4, à Guérigny.

En thèse générale, et comme on devait s'y attendre, le métal NC4 a été trouvé très dur à travailler; on arrive cependant à lui donner un très beau poli. Nos outils ordinaires ont pu l'attaquer, mais le travail était beaucoup plus lent qu'avec les outils en acier XW. Toutefois, même avec ces derniers outils, la vitesse des machines a dû être très réduite. Nous donnons ci-après le résumé des observations auxquelles a donné lieu l'ajustage des pièces en métal NC4 que nous avons faites.

De toutes les machines-outils, c'est la machine à buriner qui convient le moins bien à l'usinage du métal NC4; l'outil s'use beaucoup par suite de son frottement sur la pièce. On n'a pu dépasser, pour refendre, une vitesse de 1m,20 à la minute, tandis qu'avec l'acier doux on ne descend guère au-dessous de 4 mètres à la minute, et qu'on peut aller jusqu'à 5 et 6 mètres. Pour détacher le morceau destiné aux essais mécaniques de la barre de gouvernail simplement forgée sans trempe ni recuit, on a employé quatre jours à refendre, avec un outil de 14 millimètres d'épaisseur, une longueur de 123 centimètres sur une hauteur moyenne de 20 centimètres. Après trempe, la barre s'est beaucoup mieux travaillée ; mais on n'a pu refendre qu'une longueur de 28 centimètres dans la même période de quatre jours, tandis que, sur la même pièce en acier doux, on aurait pu, avec la même machine, refendre une longueur de 20 centimètres dans une journée. Le dressage va un peu mieux, et la vitesse de l'outil a pu atteindre 2m,40 à la minute.

La machine à raboter a été employée à dresser une des faces de la barre du gouvernail. On a donné au tablier sa vitesse minima, qui est de 5m,20 par minute, et il a fallu deux jours et demi pour raboter, à une profondeur de 5 millimètres, une face de 270 millimètres de largeur sur 1m,50 de longueur. Rien de particulier à signaler pour ce travail; la surface obtenue était très lisse. On a également employé la machine à raboter à refendre des tôles de 20 millimètres; pour cette opération, la vitesse de la machine a dû être réduite à 2m,80 par minute.

C'est au tour que le métal NC4 s'est travaillé dans les meilleures conditions. Une pièce tirée du petit lingot a pu être entièrement tournée avec des outils en acier ordinaire, qui ont parfaitement résisté et ont détaché de très longs copeaux. Les outils en acier XW se sont naturellement bien comportés. La vitesse de rotation de la

machine a dû être réduite de manière à ce que la vitesse circonférencielle ne dépassât pas 3 à 4 mètres ; mais, dans ces conditions, on a pu donner très sensiblement le même serrage que dans le travail de l'acier doux, tourné avec une vitesse circonférencielle deux fois plus grande. Le planage a pu se faire avec la même vitesse que pour l'acier doux et a permis d'obtenir un très beau poli.

Le perçage des pièces en métal NC4 a présenté des difficultés assez sérieuses. Les trous de petit diamètre ont pu être obtenus avec des mèches héliçoïdales ordinaires; mais, pour les trous de grand diamètre, il a fallu confectionner en acier XW des mèches à langue d'aspic, qui se sont d'ailleurs bien forgées. La vitesse de rotation des machines a dû naturellement être très faible ; ainsi, pour percer un trou de 50 millimètres dans une tôle de 20 millimètres d'épaisseur, on a été obligé de réduire la vitesse de la machine à son minimum, qui est de 25 tours, et, malgré un serrage très prudent, il a fallu réparer la mèche à plusieurs reprises.

Enfin on a eu l'occasion d'employer la machine à fraiser à l'usinage de quelques petites pièces ; on a confectionné à cet effet des fraises en acier XW. Le porte-fraise, qui, dans le travail de l'acier doux, tourne en moyenne à une vitesse de 100 tours pour une fraise cylindrique de 30 millimètres de diamètre, tournait à 25 tours seulement pour l'acier au nickel ; mais le serrage de $0^{m},013$ par tour a pu être doublé.

Des défauts révélés par l'usinage. — L'usinage des pièces en métal NC4 a révélé sur la plupart d'entre elles de petites veines ou criqûres superficielles. Ces criqûres ne pénétraient d'ailleurs pas, en général, à plus de 5 millimètres de profondeur ; mais leur importance est inconnue *a priori*, et l'on doit prévoir, pour toutes les pièces dont il s'agit, un ajustage complet des surfaces. Il

en résulte qu'en raison des difficultés d'usinage l'emploi de l'acier à haute teneur en nickel n'est guère pratique pour les pièces de forme un peu compliquée, et que son application paraît devoir être limitée, d'une manière générale, aux pièces terminées par des surfaces planes ou de révolution. Parmi les diverses fabrications courantes des forges de la Chaussade, c'est aux mèches de gouvernail que le métal dont il s'agit conviendrait le mieux. Il conviendrait également très bien pour les pistons des moteurs à vapeur, pour les tiges de piston, bielles et autres pièces à peu près complètement usinées, sur le tour et sur la machine à raboter.

Prix de revient comparés des pièces en acier doux et des pièces en métal NC4. — Nous pouvons déterminer d'une manière assez approchée les prix de revient comparés de deux mèches de gouvernail de même forme en acier doux et en métal NC4.

Nous prendrons comme exemple la mèche de gouvernail du *Bouvet* que nous avons récemment confectionnée à Guérigny (*fig.*12).

Le poids de la pièce en acier doux finie d'ajustage est de 2.470 kilogrammes ; le poids de la pièce brute de forge est de 4.440 kilogrammes environ. La pièce en métal NC4, de même forme, serait plus lourde ; nous avons déterminé, en effet, la densité du métal NC4 forgé par la pesée d'un barreau de choc dans l'air et dans l'eau, et nous avons trouvé pour cette densité une valeur de 8,2. Le poids de la pièce en métal NC4 finie d'ajustage serait donc de 3.640 kilogrammes, et celui de la pièce brute de forge de 4.660 kilogrammes environ.

Voici comment s'établit le prix de revient de la pièce en acier doux :

	MAIN-D'ŒUVRE	MATIÈRES
	francs	francs
Acier doux en lingot, 5.100 k. à 24 fr. les 100 k.	»	1.224,00
Charbon, 32.000 k. à 25f,70 les 1.000 k.	»	822,10
Main-d'œuvre brute de forgeage	433	»
Main-d'œuvre brute d'ajustage	190	»
Total de la main-d'œuvre brute	623	»
Dépenses indivises	118	270,00
	741	2.316,10
Total général	3.057f,10	
A déduire la valeur des résidus, 130 k. à 5 fr. les 100 k.	65,00	
Reste	2.992f,10	

Le prix de revient de la pièce en métal NC4 s'établirait comme suit :

	MAIN-D'ŒUVRE	MATIÈRES
	francs	francs
Acier au nickel en lingot, 5.400 k. à 1f,50 le k.	»	8.100
Charbon, 51.000 k. à 25f,70 les 1.000	»	1.310
Main-d'œuvre brute de forgeage	700	»
Main-d'œuvre brute d'ajustage	530	»
Total de la main-d'œuvre brute	1.230	»
Dépenses indivises	235	530
Total	1.465	9.940
Total général	11.405	
A déduire la valeur des résidus, 1.500 k. à 0f,60 le k. (*)	900	
Reste	10.505	

On trouve ainsi 3,51 pour le rapport de la valeur d'une pièce en métal NC4 à celle d'une pièce en acier doux de mêmes dimensions.

Il convient d'ajouter cependant que, si on substitue l'acier-nickel à l'acier doux, ce sera pour obtenir une réduction des échantillons. Si on admet pour l'acier au

(*) Cette valeur élevée des résidus tient à la présence du nickel.

nickel une charge double de celle de l'acier doux, on pourra réduire le diamètre de 23 p. 100 et, par suite, le volume de 41 p. 100. Dans ces conditions, la valeur de la pièce en acier-nickel ne serait plus guère que le double de celle de la pièce en acier doux qu'elle remplacerait.

Des essais mécaniques pratiqués sur les pièces de forge en métal NC4. — Nos premiers essais mécaniques ont été prélevés sur une pièce tirée du petit lingot, qui avait été trempée au rouge cerise et recuite au bois flambant, et sur le piston tiré du gros lingot, qui avait été simplement recuit au rouge sombre après forgeage. Les barreaux de choc avaient une section de $30^{mm}/30^{mm}$ et ont été éprouvés dans les conditions habituelles sur des couteaux distants de 160 millimètres, au moyen du mouton de 18 kilogrammes, tombant d'une hauteur de $2^{m},75$.

Voici les résultats obtenus :

1° ESSAIS DE TRACTION.

	CALIBRE initial en milli-mètres	SECTION s	CHARGE à la rupture par milli-mètre carré	ALLONGE-MENT p. 100 sur 100 milli-mètres	CALIBRE à la rupture en milli-mètres carrés	SECTION de rupture s'	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$	
	millim.		k.					
Pièce tirée du petit lingot, trempée et recuite au rouge sombre.	13,8	150	76,3	59,7	7,9	49,01	67,4	moyenne de 2 barrettes
Piston tiré du gros lingot, simplement recuit au rouge sombre.	13,8	150	77	42,6	9.5	70,88	52,6	id.

2° ESSAIS DE CHOC.

	FLÈCHE APRÈS LE				ANGLE de pliage	ÉTAT après pliage	OBSERVATIONS
	5e coup	10e coup	15e coup	20e coup			
Pièce tirée du petit lingot, trempée et recuite au rouge sombre.	20mm	34mm	44mm	51mm	180°	à bloc sans criqûres	Un second barreau a donné les mêmes résultats.
Piston tiré du gros lingot, simplement recuit au rouge sombre	16mm	29mm	38mm	45mm	180°	cassé	id.
Pièce en acier doux, de notre fabrication courante	28mm	47mm	59mm	»	180°	à bloc sans criqûres	»

Afin de mettre en évidence les effets de la trempe et du recuit sur l'acier-nickel, on a prélevé plusieurs séries d'essais sur la barre de gouvernail, sur son chapeau et sur un bloom qui provenait du gros lingot :

1° Après simple forgeage ;

2° Après forgeage et recuit au rouge sombre ;

3° Après forgeage et recuit au rouge cerise ;

4° Après forgeage et trempe au rouge cerise ;

5° Après forgeage, trempe au rouge cerise et recuit au rouge sombre,

Les résultats de ces essais sont groupés dans les tableaux suivants.

1° ESSAIS DE TRACTION.

PROVENANCE des barrettes	SENS des barrettes	NUMÉROS des barrettes	CALIBRE	SECTION s	CHARGE à la rupture totale	CHARGE à la rupture par mm²	ALLONGEMENT p. 100	CALIBRE à la rupture	SECTION de rupture s'	STRICTION $\frac{s - s'}{s} \times 100$	OBSERVATIONS
Barre de gouvernail après simple forgeage.	en long	1	13,8	150	10.900	72,6	47,3	8,5	57	62	»
		2	13,8	150	10.600	70,6	42,2	10,2	82	45	»
		moyennes	»	»	»	71,6	44,8	»	»	53,5	»
	en travers	1	13,8	150	10.300	68,6	44,0	10,3	83	45,	»
		2	13,8	150	10.550	70,3	44,2	10,7	90	40,	»
		moyennes	»	»	»	69,5	44,1	»	»	42,5	»
2. Chapeau de la rre de gouvernail après recuit au rouge naissant.	en long	1	13,8	150	9.300	62	38,6	9,4	69	54	cassée à 24mm du repère
		2	13,8	150	9.900	66	40,1	10	78	48	cassée à 10mm du repère
	en travers	1	13,8	150	9.700	64,6	41,7	11.3	100	33	»
		2	13,8	150	9.400	62,6	42,2	11,8	109	27	»
		moyennes	»	»	»	63,6	41,9	11,5	»	30	»
Bloom recuit au rouge cerise.	en long	1	13,8	150	10.400	69,3	41,4	11,2	98	34	cassée à 18mm du repère
		2	13,8	150	10.500	70	45,9	10,9	93	38	cassée à 20mm du repère
	en travers	1	13,8	150	10.000	66,6	32	11,5	104	30	cassée à 8mm du repère
		2	13,8	150	10.000	66,6	32,8	11,4	102	32	»
Chapeau forgé et trempé au rouge cerise.	en long	1	13,8	150	10.300	68,6	55,9	7,5	44	70	cassée à 24mm du repère
		2	13,8	150	9.400	62,6	22	11,3	100	33	cassée au repère
	en travers	1	13,8	150	10.600	70,6	58	9	64	57	»
		2	13,8	150	10.400	69,3	52,9	9,6	72	52	cassée à 14mm du repère
5. Barre forgée rempée et recuite au rouge naissant	en long	1	13,8	150	11,350	75,6	31,2	11,3	100	33	cassée à 10mm du repère
		2	13,8	150	11,700	78	43,8	10,2	82	45	id.
	en travers	1	13,8	150	10,500	70	21	12,5	123	18	cassée au repère.
		2	13,8	150	10,500	70	23,3	12,5	123	18	cassée en dehors d.rep.

2° ESSAIS DE CHOC.

PROVENANCE des barreaux	SENS des barreaux	FLÈCHE EN MM. après le 5e coup	10e coup	15e coup	20e coup	ANGLE de pliage	ASPECT DU BARREAU après pliage
1° Barre de gouvernail après simple forgeage..	en long	19	33	45	50	180°	pli rugueux.
		20	33	44	51	180°	id.
	en travers	21	33	41	47	180°	cassé nerf court.
		19	21	40	47	180°	id.
2° Chapeau forgé et recuit au rouge naissant.	en long	24	39	49	56	180°	pli très rugueux.
	en travers	24	39	50	57	180°	Cassure de 1mm d'ouvert[illegible] la hauteur du pli, pli r[illegible]
3° Bloom recuit au rouge cerise.........	en long	25	41	52	58	180°	cassé nerf.
	en travers	25	41	51	58	180°	id.
4° Chapeau forgé et trempé au rouge cerise.	en long	25	39	49	57	180°	pli très rugueux.
	en travers	24	39	50	57	180°	id.
5° Barre forgée trempée au rouge cerise et recuite au rouge naissant..................	en long	19	32	41	47	180°	forte cassure sur le pli.
		19	32	41	48	50	texture à nerf court.
		18	30	38	45	90	
	en travers	18	29	38	43	57	

Quelques-uns des essais ci-dessus n'ont pas donné des résultats très nets, par suite de la rupture des barrettes dans le voisinage des repères ; néanmoins le travail considérable demandé pour la préparation des éprouvettes nous a conduit à nous contenter de ces expériences, qui ont suffi pour mettre en relief les faits suivants :

Après simple forgeage, le métal NC4 présente des propriétés mécaniques très remarquables ; avec une charge à la rupture de 70 kilogrammes environ on obtient un allongement de 45 p. 100 environ. Toutefois les barrettes rompues présentent un aspect assez singulier, qui rappelle celui du papier d'étain froissé, et dénote une cristallisation irrégulière ; de plus, il y a très peu de striction, et les barreaux de choc, découpés dans le sens du travers, ont cassé au pliage à bloc.

De toutes les opérations pratiquées sur le métal, la trempe seule a paru avoir un effet avantageux, en élevant l'allongement à près de 60 p. 100 et en augmentant la striction, sans faire varier notablement la

charge de rupture. Par contre, les essais de choc montrent que la déformabilité a augmenté d'une manière sensible.

L'influence du recuit au rouge naissant, suivi d'un refroidissement lent, a été nettement désavantageuse, puisque la charge de rupture et la striction ont diminué sans augmentation sensible de l'allongement à la rupture ; la déformabilité a été, en outre, augmentée.

Les résultats donnés par le recuit au rouge cerise n'apparaissent pas bien nettement : trois des barrettes de traction sur quatre ont rompu dans le voisinage d'un repère et n'ont pu prendre tout l'allongement qu'elles auraient dû avoir. Les effets paraissaient inférieurs à ceux de la trempe.

Enfin le recuit après trempe a détruit en grande partie les effets de la trempe ; il a, en outre, augmenté la fragilité.

Il convient de noter, cependant, qu'il manque un élément important au point de vue des propriétés mécaniques : aucun arrêt de la colonne de mercure n'a permis de reconnaître les valeurs de la limite élastique. Cette limite a été déterminée, comme nous le verrons plus loin, au moyen de la presse hydraulique.

Les essais à la traction relatés ci-dessus ont mis en relief une propriété très curieuse de l'acier au nickel. L'aspect de feuille de métal froissé pris par la surface des éprouvettes a montré que l'allongement se faisait sentir non seulement sur la partie cylindrique comprise entre les deux têtes, mais sur les têtes elles-mêmes.

Cette propriété présente une grande importance pour les pièces à section variable travaillant à la traction et soumises à des chocs. Tandis que, dans une pièce d'acier ordinaire, la région de plus faible section travaille, pour ainsi dire, seule par son allongement, à éteindre la force vive du choc, la pièce d'acier-nickel s'allonge tout

entière, et, si les dimensions ont été déterminées de manière à donner la même résistance aux efforts statiques, la résistance vive est bien supérieure.

Essais de traction à la presse hydraulique pratiqués sur des barres en métal NC4. — En vue de déterminer d'une manière aussi précise que possible les propriétés mécaniques de l'acier à haute teneur au nickel de l'usine d'Imphy, nous avons employé, pour des essais comparatifs à la traction, la presse hydraulique habituellement consacrée aux essais des câbles-chaînes et des fers à câbles.

A cet effet, on a forgé plusieurs barres rondes à tête conique, dont le corps a été tourné à 45 millimètres de diamètre, et, pour avoir des résultats comparables à ceux des éprouvettes de traction ordinaires de 13^{mm},8 de diamètre et de 100 millimètres de longueur, on a mesuré les allongements sur des longueurs de 325 millimètres entre repères.

Les barres ont été soumises à des charges croissantes que l'on maintenait invariables assez longtemps pour pouvoir mesurer les allongements d'une manière précise. En outre, au début de l'opération, on supprimait la charge aussitôt l'allongement relevé ; on a pu observer ainsi d'une manière très nette la charge minima qui donnait lieu à un allongement permanent, c'est-à-dire la limite d'élasticité.

Les expériences ont été faites :

1° Sur une barre simplement forgée et refroidie à l'air libre ;

2° Sur une barre trempée trois fois au rouge cerise;

3° Sur une barre recuite au rouge cerise (900°) et refroidie lentement ;

4° Sur une barre recuite au rouge naissant (600°) et refroidie lentement ;

A titre de comparaison, on a essayé également une barre en acier doux recuite au rouge cerise après forgeage.

Sur chaque barre on avait tracé, avant l'opération, un certain nombre de repères déterminant plusieurs régions de 325 millimètres de longueur initiale et empiétant les unes sur les autres. Pour la comparaison des propriétés mécaniques, nous retiendrons uniquement les résultats observés sur les régions dans lesquelles la striction s'est produite le plus près du milieu de la longueur.

Le tableau ci-après résume les éléments que donnent habituellement les essais de traction :

DÉSIGNATION des barres	DIAMÈTRE initial en mm.	SECTION initiale en mm² s	LIMITE d'élasticité par mm²	CHARGE à la rupture par mm²	ALLONGEMENT p. 100 à la rupture	DIAMÈTRE à la rupture en mm.	SECTION à la rupture en mm² s'	STRICTION $100\left(\frac{s-s'}{s}\right)$
Barre en acier-nickel simplement forgée.	44,7	1570	kil. 45	kil. 81,2	32,92	36,2	1029,22	34,4
Barre en acier-nickel trempée 3 fois au rouge cerise.....	44,9	1583	32	75,07	44,92	31,6	784,26	50,5
Barre en acier-nickel recuite au rouge cerise...........	44,6	1562	28	74,26	52,30	29	660,52	57,6
Barre en acier nickel recuite au rouge sombre..........	44,9	1583	37	77,70	33,20	31,6	784,26	50,5
Barre en acier doux recuite au rouge cerise...........	44,9	1583	22	41,69	27,69	27,5	593,95	62,5

L'examen de ce tableau donne lieu aux observations suivantes :

On remarque d'abord que la limite d'élasticité de la barre d'acier-nickel simplement forgée n'a été que de 45 kilogrammes ; elle s'est donc trouvée sensiblement inférieure à la valeur que faisaient supposer les expériences d'Imphy. Après trempe, elle est descendue à 32 kilogrammes, comme c'était prévu.

Les valeurs trouvées pour l'allongement à la rupture sont un peu plus faibles que les valeurs accusées par les essais des petites barrettes de traction de 13^{mm},8 de diamètre ; mais ce qu'il importe surtout de considérer, ce sont les variations des divers éléments sous l'action des traitements adoptés.

On reconnaît que le recuit au rouge cerise et la trempe ont agi dans le même sens. Ces opérations ont abaissé d'une manière notable la limite d'élasticité ; elles ont également diminué, mais dans une moindre proportion, la charge de rupture. D'autre part, elles ont considérablement augmenté l'allongement à la rupture et la striction. Contrairement à ce que faisaient prévoir nos premiers essais de traction, l'influence du recuit a été supérieure à celle de la trempe ; il y a là, sans doute, une question de température de forgeage et, peut-être, de corroyage, que des expériences nombreuses permettraient seules d'élucider.

Le recuit au rouge sombre a agi dans le même sens, mais moins énergiquement que le recuit au rouge cerise, sur la limite élastique et sur la charge à la rupture ; mais il n'a pas augmenté sensiblement l'allongement.

Indépendamment des résultats indiqués dans le tableau ci-dessus, nous avons pu relever pour chaque barre les allongements successifs sous des charges croissantes.

Les courbes ainsi déterminées sont figurées sur la Pl. V, *fig.* 13 ; on les a tracées en prenant pour abscisses les allongements p. 100, et pour ordonnées les charges par millimètre carré. L'aire comprise entre la courbe ainsi définie, l'axe des abscisses et l'ordonnée extrême représente la résistance vive de rupture, c'est-à-dire la force vive nécessaire pour amener la rupture par choc à la traction. C'est précisément la faible valeur de cet élément qui condamne l'application des aciers durs ordinaires à la fabrication des pièces mécaniques soumises à

des chocs ; l'examen des courbes que nous avons tracées fait, au contraire, ressortir la supériorité considérable que l'acier-nickel présente à ce point de vue, même sur l'acier doux, surtout après trempe ou recuit au rouge cerise. Après avoir été écrouie par une charge de 71 kilogrammes par millimètre carré et avoir subi un allongement permanent considérable, une barre d'acier-nickel trempé de 45 millimètres de diamètre et de 325 millimètres de longueur a conservé une résistance vive de rupture à la traction supérieure à celle d'une barre identique en acier doux sans écrouissage. Il convient de remarquer toutefois, à cet égard, qu'en raison de la valeur relativement faible de la striction prise par les barrettes d'acier-nickel, l'étendue de la région de la pièce qui travaille effectivement a beaucoup plus d'importance pour ce métal que pour l'acier doux, au point de vue de la résistance au choc.

Essais de compression à la romaine Joëssel. — Nous avons cherché à nous rendre compte de la résistance que présente le métal NC4 à la compression, et, dans ce but, nous avons soumis à des pressions croissantes, sous le couteau de la romaine Joëssel, de petites éprouvettes cylindriques de 5 millimètres de diamètre et de 9 millimètres de hauteur; à titre de comparaison, nous avons essayé dans les mêmes conditions une éprouvette en acier doux et une éprouvette en fonte. Nous avons pu déterminer assez approximativement la limite d'élasticité à la compression, en supprimant la charge au début de l'opération, aussitôt que nous avions relevé la réduction de longueur de l'éprouvette. La charge maxima à laquelle la machine nous permettait de faire travailler les éprouvettes n'était d'ailleurs que de 290 kilogrammes par millimètre carré; elle a été reconnue insuffisante pour amener la rupture des échantillons de métal NC4 et d'acier

doux, et nous n'avons eu pour ces métaux qu'une limite inférieure de la charge de rupture à la compression.

Nous donnons ci-après les résultats obtenus :

		LIMITE d'élasticité	CHARGE de rupture	RÉDUCTION de longueur sous une charge de 290 kil. par mm²
Éprouvettes en métal NC4	Simplement forgée	48 kil.	Sup. à 290 kil.	50,5 p. 100
	Trempée trois fois au rouge cerise	30	id.	51.7 p. 100
	Trempée trois fois au rouge cerise et recuite au bois flambant	30	id.	51,0 p. 100
	Recuite au rouge cerise après forgeage	30	id.	52,2 p. 100
	Recuite au rouge sombre après forgeage	35	id.	49.5 p. 100
Éprouvette en acier doux trempée et recuite		28	id.	72.2 p. 100
Éprouvette en fonte		35	87 kil.	11,6 p. 100 à la rupture

Les valeurs trouvées pour la limite d'élasticité à la compression des divers échantillons de métal NC4 se rapprochent beaucoup des valeurs données par l'essai à la presse hydraulique pour la limite d'élasticité à la traction. Au-delà de la limite d'élasticité, les réductions de longueur observées sur les diverses éprouvettes de métal NC4, sous une même charge, sont très voisines et sensiblement inférieures à celles de l'éprouvette d'acier doux ; mais ce sont toujours l'éprouvette trempée et l'éprouvette recuite au rouge cerise qui sont les plus tendres.

Les courbes figurées par la Pl. VI (*fig.* 1) expriment les résultats complets de ces essais de compression et donnent, sous des charges croissantes, les réductions de longueur des sept éprouvettes essayées.

Essais de flexion à la romaine Joëssel. — La résistance vive élastique, qui mesure la valeur du choc maximum insuffisant pour produire des déformations permanentes

dépend non seulement de la valeur de la limite d'élasticité, mais encore du coefficient d'élasticité. Nous avons essayé de déterminer cet élément par des essais à la flexion en plaçant sur le tablier de la romaine Joëssel deux couteaux supplémentaires distants de 180 millimètres.

Les essais ont porté sur des barrettes à section carrée de 10 millimètres de côté ; comme dans les expériences faites à la presse hydraulique, et en vue de reconnaître la limite élastique, une fois la flèche mesurée, on ramenait la charge à 0 et on déterminait la flèche restante. On a, comme précédemment, soumis successivement à la flexion :

1° Une barrette en métal NC4, simplement forgée ;

2° Une barrette en métal NC4, trempée trois fois au rouge cerise ;

3° Une barrette en métal NC4, trempée trois fois au rouge cerise et recuite au bois de sapin flambant ;

4° Une barrette en métal NC4, recuite au rouge cerise ;

5° Une barrette en métal NC4, recuite au rouge sombre ;

6° Une barrette en acier doux trempée et recuite.

Les résultats des essais sont exprimés par les deux séries de courbes de la Pl. VI (*fig.* 2 et 3). Les premières courbes donnent les flèches totales prises par les barrettes ; les secondes donnent les flèches permanentes, mesurées après suppression de la charge.

En raison de leur faible valeur, les flèches élastiques n'ont pu être mesurées avec une précision suffisante pour donner très exactement les différentes valeurs du coefficient d'élasticité.

Nous pouvons toutefois mettre en relief les phénomènes suivants :

Toutes les barrettes d'acier-nickel, sauf la barrette trempée, ont pris, presque dès le début de l'expérience,

des flèches permanentes ; la limite élastique de flexion de toutes ces barrettes, même de la barrette simplement forgée dont la limite élastique de traction a été trouvée très grande, est, en réalité, très faible et ne dépasse guère 20 kilogrammes pour 1 millimètre carré. Au contraire, la barrette trempée, comme la barrette en acier doux, n'a présenté de flèche permanente que pour les pressions supérieures à une force de 128 kilogrammes, correspondant à une charge de 33 kilogrammes par millimètre carré.

Le coefficient d'élasticité de métal NC4 trempé paraît d'ailleurs peu différent du coefficient d'élasticité de l'acier doux ; l'acier-nickel simplement forgé prend, au contraire, sous l'action des charges les plus faibles, des déformations très grandes, correspondant à un coefficient d'élasticité très peu élevé.

En somme, malgré la valeur relativement grande de la limite élastique qui résulte des essais de traction, la limite élastique de flexion, et surtout le coefficient d'élasticité sont, en réalité, faibles pour les pièces simplement forgées, de sorte que la résistance vive élastique est très réduite et que le métal est susceptible de prendre des déformations permanentes sous des chocs pour lesquels l'acier doux serait loin d'atteindre sa limite d'élasticité. Le recuit n'a pas paru améliorer beaucoup le métal à ce point de vue très important ; la trempe, au contraire, a élevé la limite élastique de flexion à une valeur plutôt supérieure à celle de l'acier doux et a ramené en même temps le coefficient d'élasticité à une valeur normale.

Il semble donc que la trempe constitue le traitement le plus rationnel du métal NC4.

Essais au choc sur des barres de gros calibre. — L'une des propriétés à laquelle il convient d'attacher le plus d'importance, pour les aciers employés à la confection des

pièces de machines, consiste dans la raideur. La comparaison des métaux, à ce point de vue particulier, peut s'opérer au moyen des déformations relevées aux essais de flexion par choc. Nous avons donné ci-dessus les résultats des essais de choc pratiqués sur les barreaux réglementaires en métal NC4 et en acier doux; ces résultats permettent d'apprécier assez exactement la raideur du métal NC4 sous ses différents états. Nous avons complété ces renseignements par de nouvelles expériences entreprises sur des barres de gros calibre.

Les barres essayées étaient cylindriques et avaient un diamètre de 62 millimètres. Elles reposaient sur deux tas en fonte, dont les faces verticales intérieures étaient distantes de 60 centimètres et se raccordaient avec les faces supérieures horizontales par des congés de 43 millimètres de rayon. Le mouton employé était constitué par une étampe hors de service, dont la partie inférieure avait reçu la forme d'un couteau à arête arrondie, et qui pesait 647 kilogrammes. On l'a fait tomber sur chaque barre deux fois d'une hauteur de 2 mètres, puis une dernière fois d'une hauteur de 5 mètres.

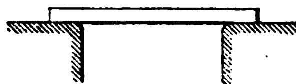


Fig. 8.

Les résultats obtenus sont donnés par le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES BARRES	FLÈCHE APRÈS LE		
	1er coup	2e coup	3e coup
Barre d'acier-nickel trempée au rouge cerise....	63 mm.	115 mm.	149 mm.
id. recuite id.	75 mm.	125 mm.	170 mm.
id. id. id. sombre...	60 mm.	107 mm.	160 mm.
Barre d'acier doux trempée et recuite...........	116 mm.	151 mm.	170 mm.

La supériorité du métal NC4 sur l'acier doux au point de vue de la raideur apparaît clairement au premier

coup et au deuxième coup. Sous l'influence des chocs les plus violents, la déformation de l'acier doux est peu différente de celle du métal NC4.

Essais de fragilité. — Pour apprécier la fragilité du métal NC4 sous ses différents états et la comparer à celle de l'acier doux, nous avons redressé au rouge naissant les barres essayées au choc ; puis, après les avoir tournées à 60 millimètres de diamètre, nous avons pratiqué au milieu de leur longueur une incision triangulaire de 5 millimètres de profondeur, et nous les avons soumises au choc du mouton.

Pour les barres en acier-nickel, le mouton est tombé une fois de 1 mètre de hauteur, deux fois de 2 mètres, une dernière fois de 5 mètres, ce qui donne une hauteur de chute totale de 10 mètres. La barre recuite s'est rompue sous le dernier choc ; la barre qui avait été trempée n'a pu être brisée que sur la moitié de sa section, après avoir pris une flèche de 200 millimètres ; les cassures présentaient d'ailleurs un aspect entièrement à nerf.

Pour la barre en acier doux, le mouton est tombé de $0^{m},50$ de hauteur ; au troisième coup, la barre s'est rompue. La hauteur totale de la chute déterminant la rupture est par suite comprise entre 1 mètre et $1^{m},50$; la cassure était entièrement à grain.

Le métal NC4 présente donc sur l'acier doux, surtout après trempe, une très grande supériorité au point de vue de la fragilité.

Étude du métal NC4 au point de vue de son application à la fabrication des blindages. — Le grand allongement observé sur les barrettes de métal NC4, joint à une charge de rupture élevée, paraissait *a priori* désigner cet acier comme particulièrement propre à la confection des blindages de pont, dont il semblait devoir permettre

de diminuer notablement les épaisseurs. Nous avons donc cru intéressant d'étudier les propriétés de l'acier-nickel à ce point de vue.

L'installation dont nous disposions dans ce but permet de reproduire, sur une petite échelle, l'essai au tir normal employé pour la réception des plaques de pont. Une petite plaquette de 15 à 20 millimètres d'épaisseur est maintenue par des crampes en fer sur un massif en bois enveloppé d'une armature en fer, et reçoit le choc d'un mouton de 326 kilogrammes, terminé à la partie inférieure par une pointe ogivale et tombant de $5^m,50$ de hauteur.

Une première série d'essais a été pratiquée sur des tôles de 20 millimètres d'épaisseur, en acier-nickel et en acier extra-doux pour blindages. Au centre de chaque tôle était tracé un carré; le premier coup était frappé au centre de ce carré, et les autres coups aux quatre sommets.

Les déformations générales prises par les plaquettes ont été sensiblement les mêmes; mais les déformations locales ont été moindres pour l'acier-nickel que pour l'acier extra-doux. Pour toutes les plaquettes, d'ailleurs, les derniers coups ont produit à l'arrière des saillies un peu plus fortes que le premier coup. Le tableau ci-après résume les résultats obtenus :

DÉSIGNATION DES PLAQUETTES	FLÈCHE DES MAMELONS produits à la force de placage		PÉNÉTRATION moyenne de la pointe du mouton
	par le 1er coup	par les coups suivants	
Tôle d'acier-nickel, trempée et recuite.	5mm	8mm,1	13mm
id. recuite au bois flambant..	6	8 ,1	12 ,8
Tôle d'acier extra-doux de Fourchambault, trempée et recuite (*).......	7	10 ,4	17 ,3
Tôle d'acier extra-doux de Denain, trempée et recuite................	7mm,5	11 ,7	18 ,2

(*) Ce métal contient 1 p. 100 de nickel environ.

Ces résultats très satisfaisants nous ont engagé à poursuivre les expériences sur des plaquettes de 15 millimètres d'épaisseur. La tôle en acier extra-doux de Fourchambault s'est encore bien comportée avec une pénétration de $13^{mm},5$ pour le premier coup et de $17^{mm},5$ pour les cinq derniers, et des bossages d'une saillie moyenne de 21 millimètres ; le quatrième coup seul présentait une légère fente à la face arrière. La tôle d'acier-nickel, qui avait été trempée et recuite, s'est, au contraire, déchirée sous l'action du mouton ; le premier coup a même produit l'effet d'un véritable poinçonnage formant une débouchure qui ne tenait presque plus à la plaque.

Nous avons alors soumis à l'essai une plaquette d'acier-nickel simplement laminée, sans trempe ni recuit, et une plaquette de même métal trempée ; les résultats sont restés sensiblement les mêmes. La Pl. VII (*fig.* 1 à 4) montre l'aspect après l'expérience des diverses plaquettes essayées.

Il paraît donc démontré que le métal NC4, malgré sa grande charge de rupture et son grand allongement, ne présenterait pas au tir de plein fouet une résistance aussi grande que l'acier extra-doux actuellement employé à la fabrication des blindages de pont. C'est que, dans le tir normal des blindages de pont, la plaque de faible épaisseur est soumise à un choc très voisin de celui qui amènerait la rupture, et la force vive de ce choc doit être éteinte par la déformation d'une région de la plaque très peu étendue ; dans ces conditions, la propriété mécanique la plus importante consiste dans une valeur élevée de l'allongement de striction. Or les essais de traction pratiqués sur l'acier-nickel ont montré que l'allongement de striction entrait pour une très faible part dans l'allongement total à la rupture.

Il convient de remarquer toutefois qu'en réalité les blindages de pont ont essentiellement pour objet de résister

au tir oblique des projectiles qu'ils doivent faire ricocher. Or les déformations dues au tir oblique intéressent une région de la plaque plus étendue que celles dues au tir normal, et l'influence de la striction peut être beaucoup moins importante. Il est donc possible que, malgré les résultats indiqués ci-dessus, des essais au tir oblique fassent ressortir pour l'acier-nickel une certaine supériorité sur l'acier extra-doux, au point de vue de son application à la fabrication des plaques de pont.

Essais à chaud et à froid des tôles en métal NC4. — Nos expériences ont été complétées par l'étude des propriétés du métal NC4, laminé en tôles.

Nous avons essayé d'abord une tôle de 5 millimètres d'épaisseur, que nous avons achetée dans ce but à l'usine d'Imphy. La composition de cette tôle a été déterminée par une analyse faite au laboratoire de Guérigny; cette composition est donnée par le tableau ci-après, où nous la mettons en regard de celle du gros lingot :

	TÔLE ACHETÉE à Imphy	GROS LINGOT FOURNI à Guérigny
Carbone	0,810	0,632
Silicium	0,301	0,188
Manganèse	0,461	0,434
Chrome	1,822	2,210
Nickel	22,136	21,699

La teneur en carbone était donc sensiblement supérieure à celle de notre lingot.

Les essais à la traction, pratiqués sur des barrettes de 30 millimètres de largeur et de 200 millimètres de longueur entre repères, ont donné les résultats suivants :

SENS des barrettes	SECTION s	CHARGE à la rupture		ALLONGEMENT p. 100	SECTION de rupture s'	STRICTION $100\frac{(s-s')}{s}$	OBSERVATIONS
		totale	par mm²				
En long	150	13.000k.	86k,6	49,1	65,7	56,2	Moyenne de 2 barrettes.
En travers	150	12.200k.	81k,3	36,6	74,2	50,5	Une barrette.

Deux éprouvettes, trempées au rouge cerise dans l'eau à 28°, ont été pliées à froid, la première sur un mandrin dont les deux faces parallèles étaient raccordées par une surface cylindrique d'un rayon égal à l'épaisseur de la tôle (*fig.* 4, Pl. VI), la seconde sans mandrin, de manière à amener les deux moitiés en contact (*fig.* 5). La première opération n'a donné lieu qu'à une petite cassure en A sur l'un des bords de la tôle ; à la seconde, il s'est produit une petite cassure sur chacune des rives en B et B'.

On a procédé ensuite à des essais à chaud consistant dans la confection de plusieurs calottes sphériques et d'une cuve. L'emboutissage doit se faire, comme le forgeage, entre le rouge cerise clair et le rouge cerise naissant, et la durée de chaque chaude est, par suite, assez limitée ; mais le métal se travaille sans difficulté.

La première calotte, qui avait les dimensions réglementaires prévues pour les essais de recette des tôles en acier extra-doux, a été façonnée en vingt chaudes, sans qu'il se soit produit ni gerçure ni criqûre (*fig.* 6).

La deuxième calotte a pu être amenée, en vingt-quatre chaudes, à une flèche de 123 millimètres (*fig.* 7) ; puis une déchirure s'est produite au sommet, à l'endroit où avait été frappé le coup de pointeau destiné à marquer le centre de la calotte. Le pointeau avait été évidemment imprimé trop profondément dans la tôle et avait donné lieu à une réduction locale d'épaisseur très sensible.

La troisième calotte, tracée avec plus de précaution, a

subi vingt-huit chaudes et s'est déchirée après avoir atteint une flèche de 141 millimètres (*fig.* 8).

Enfin la cuve confectionnée dans les mêmes conditions que pour les tôles en acier extra-doux (*fig.* 9) ne présente aucun défaut.

A la suite de ces premiers essais, nous avons fabriqué de nouvelles tôles avec des plateaux provenant du gros lingot qui nous avait été livré par Imphy. Cette fabrication n'a pas présenté de difficultés spéciales. Toutefois, comme le forgeage, le laminage ne peut s'opérer qu'entre des températures assez voisines et exige, par suite, des chaudes répétées. Il en résulte que la production courante des tôles en acier-nickel, de dimensions analogues à celles des tôles en acier doux, exigerait l'installation de fours spéciaux de grande longueur à proximité des laminoirs.

Nous avons d'abord laminé une tôle de 5 millimètres, sur laquelle nous avons recommencé avec succès les essais à chaud indiqués ci-dessus. Des barrettes de traction découpées dans la même tôle ont donné les résultats suivants, un peu inférieurs à ceux relatés plus haut, mais encore très satisfaisants :

SENS des barrettes	SECTION primitive s	CHARGE de rupture		ALLONGEMENT p. 100	SECTION de rupture s'	STRICTION $\frac{100\,(s - s')}{s}$	OBSERVATIONS
		totale	par mm²				
En long	156	12.500	80 k.	35	88,5	42,5	Moyenne de 2 barrettes.
En travers	156	12.500	80 k.	28,4	106,5	43,5	id.

Enfin, nous avons réduit par laminage, à 2^{mm},5 d'épaisseur, un morceau de tôle de 5 millimètres, et nous avons confectionné deux vases dans les conditions ci-après.

On a découpé d'abord un fragment de forme circulaire

de 430 millimètres de diamètre (*fig.* 10). Ce fragment a été ensuite embouti à chaud, puis rétreint à froid au marteau à main ; on a pu l'amener ainsi à la forme représentée par la *fig.* 11.

Une cassure qui s'est produite en K, dans une région qui avait été trop amincie par le marteau, n'a pas permis de pousser plus loin le travail.

On a découpé alors un second fragment à un diamètre de 330 millimètres (*fig.* 12), et, en opérant de la même manière, on a pu cette fois terminer le vase représenté par la *fig.* 13, d'une épaisseur très régulière. On avait soin, au cours du travail à froid, de tremper de temps en temps la tôle dans l'eau froide, après chauffage au rouge cerise, et l'on arrivait ainsi à détruire à peu près complètement l'écrouissage dû à l'action du marteau.

Toutes ces expériences ont montré très nettement que les tôles de métal NC4, très supérieures aux tôles d'acier doux au point de vue de la résistance, supportent cependant, presque aussi bien que ces dernières, le travail d'emboutissage à chaud et à froid. En outre, une variation assez sensible dans la teneur en carbone (de 0,63 p. 100 à 0,81 p. 100) modifie peu la résistance et les propriétés de ces tôles.

Essais de rivetage des tôles en métal NC4. — Pour être entièrement fixé sur la valeur du métal NC4 au point de vue de son application aux travaux de chaudronnerie et de constructions métalliques, il importait de vérifier la tenue du rivetage exécuté avec des rivets de même métal.

Dans ce but, nous avons confectionné des réservoirs cylindriques, que nous avons essayés sous pression au moyen d'une pompe de compression. Le premier de ces réservoirs est représenté par les *fig.* 14 et 15. Le diamètre intérieur était de 250 millimètres, et l'épaisseur

des tôles était de 5 millimètres. Les rivets avaient 10 millimètres de diamètre et avaient été confectionnés avec des barres rondes achetées à cet effet à l'usine d'Imphy. Les essais de traction pratiqués sur des barrettes prélevées dans ces barres ont donné les résultats ci-après :

DIAMÈTRE des éprouvettes	SECTION primitive	CHARGE à la rupture		ALLONGEMENT p. 100 sur 65 mm. entre repères	CALIBRE à la rupture	SECTION de rupture s'	STRICTION $\frac{(s-s')}{s}100$
		totale	par mm²				
9 mm.	63,6	6000	94,33	44,2	6	28.27	55
9	63,6	6050	95,1	42,3	6,1	29,22	54
Totaux...	»	»	189,43	86,5	»	»	109
Moyenne..	»	»	94,71	43,25	»	»	54,5

L'enveloppe était formée de deux demi-viroles assemblées à recouvrements avec joints à un seul rang de rivets constitués comme l'indique la *fig.* 16. Les fonds emboutis étaient réunis au corps par seize rivets chacun. On réalisait ainsi très sensiblement l'égalité de résistance de l'enveloppe et du rivetage.

Sous une pression de 16 kilogrammes par millimètre carré, l'étanchéité du réservoir a été parfaite ; mais l'essai à outrance n'a pu être poussé jusqu'à la rupture par suite de l'abondance des fuites qui se sont déclarées dans les coutures longitudinales, quand la pression s'est élevée. On a pu atteindre toutefois une pression de 100 kilogrammes, et le cylindre avait pris la forme tracée en points sur la *fig.* 17.

Il est facile de déterminer la charge R à laquelle avaient travaillé les rivets dans cette épreuve. Si l'on fait une coupe par l'axe du cylindre, et que l'on considère une portion de ce cylindre de 1 centimètre de hauteur, on voit que l'on dispose, en dehors des joints, d'une section de tôle de $2 \times 5^{mm} \times 10^{mm}$ pour résister à un effort de traction

égal à $100^{kg} \times 25$ dû à la pression intérieure de 100 kilogrammes par centimètre carré. Comme la résistance des joints longitudinaux en ce qui concerne les rivets est égale aux soixante-trois centièmes de la tôle pleine, on a :

$$R = \frac{100 \times 25}{10 \times 10 \times 0,63};$$

d'où :

$$R = 39^{kg},7.$$

Dans une autre expérience, et en vue de diminuer la pression intérieure nécessaire pour amener la rupture, on a réduit l'épaisseur de l'enveloppe à $2^{mm},5$ et porté le diamètre à 270 millimètres. En outre, et pour mieux assurer l'étanchéité, on a fait des coutures à deux rangs de rivets.

Les coutures longitudinales en rivets de 5 millimètres sont représentées par la *fig.* 18 ; les fonds en tôle d'acier de 7 millimètres d'épaisseur ont été réunis au cylindre par des rivets d'acier doux de 8 millimètres de diamètre. Le réservoir s'est montré parfaitement étanche sous une pression de 20 kilogrammes ; mais il n'a pu être rompu à l'essai à outrance, par suite des fuites qui se sont produites dans les coutures. Cette fois cependant, la pression intérieure a pu être poussée sans rupture jusqu'à 120 kilogrammes par millimètre carré, et le cylindre avait pris la forme représentée en points par la *fig.* 19.

Nous pouvons calculer comme précédemment la charge R à laquelle avaient été soumis sans se rompre les rivets des coutures longitudinales.

La résistance relative du joint en ce qui concerne les rivets était égale aux 75 centièmes de celle de la tôle pleine ; avec une épaisseur de tôle de $2^{mm},5$, un diamètre intérieur de 270 millimètres et une pression intérieure de 120 kilogrammes, on a :

$$R = \frac{120 \times 27}{5 \times 10 \times 0,75};$$

d'où :

$$R = 86^{kg},4.$$

A la suite de l'essai sous pression, nous avons cassé le réservoir en l'aplatissant sous un pilon. Il a pris une forme de soufflet en se déchirant par endroits; mais nous avons constaté que peu de rivets étaient rompus.

Les dernières expériences ont donc mis nettement en relief l'excellente tenue du rivetage en acier-nickel. Elles ont montré en même temps que le matage permet d'obtenir, avec ce rivetage, une étanchéité parfaite, même pour des pressions notablement supérieures à celles usitées dans la pratique des générateurs de vapeur.

Le métal NC4 peut donc se substituer à l'acier doux aussi bien pour les chaudières que pour les constructions métalliques de tous genres, et son emploi permettrait des réductions d'échantillons très importantes.

Essais de corrosion. — Les expériences entreprises sur les tôles de métal NC4 ont été complétées par des essais de corrosion, qui ont permis de comparer l'altérabilité du métal à celle de l'acier doux. De petites plaquettes carrées de 25 millimètres de côté et de 5 millimètres d'épaisseur, préalablement polies, ont été placées :

1° Dans une eau saturée de sel marin et constamment maintenue à l'état d'ébullition dans un bain de sable (l'eau était naturellement remplacée au fur et à mesure de son évaporation) ;

2° Dans une eau également saturée de sel marin, mais froide ;

3° Dans une eau légèrement acidulée ;

4° Dans la vapeur à 4 kilogrammes de pression environ.

Les expériences ont duré cinq mois.

Au bout de ce temps, les plaquettes ont été lavées à

l'eau, à l'alcool et à l'éther, puis examinées, et l'on a fait les constatations résumées dans le tableau suivant :

		POIDS primitif des plaquettes	PERTE EN POIDS DES PLAQUETTES après 70 jours	après 150 jours	ASPECT DES PLAQUETTES après l'essai
		gr.	gr.	gr.	
1° Eau salée bouillante.	acier-nickel.	22,944	0,005	0,025	Les arêtes sont légèrement attaquées; les faces présentent des taches noires ; ailleurs elles sont lisses.
	acier doux..	23,409	0,183	0,366	Les arêtes sont fortement rongées, les faces sont couvertes d'oxyde ; les parties non oxydées sont tachées de noir.
2° Eau salée froide....	acier-nickel.	23,990	0,012	0,013	Les faces sont lisses, mais présentent des taches noires.
	acier doux..	24,028	0,101	0,167	id.
3° Eau acidulée.......	acier-nickel.	23,737	0,089	0,195	Les faces sont légèrement attaquées près des angles et lisses partout ailleurs.
	acier doux..	24,060	0,283	0,424	Les arêtes sont fortement attaquées, les faces sont rongées par l'oxyde.
4° Vapeur...........	acier-nickel.	22,795	0,003	0,004	La plaquette est recouverte d'une légère couche de poussière jaunâtre qui disparait au toucher ; cette couche enlevée, la surface est brillante.
	acier doux..	23,280	0,065	0,072	La plaquette est recouverte d'une couche mince, noire en certains endroits et rouge en d'autres. Cette couche enlevée, la surface est d'un noir bleuâtre et présente quelques petites piqûres peu profondes.

Ces expériences sont très concluantes et font ressortir nettement la supériorité de l'acier à haute teneur en nickel sur l'acier doux, au point de vue de la résistance à la corrosion.

Toutefois ces observations se rapportant à des échantillons soigneusement polis, il nous a paru intéressant de nous rendre compte de l'influence de l'état des surfaces ; dans ce but, nous avons mis dans de l'eau acidulée des plaquettes brutes de laminage de même forme et de mêmes dimensions. Nous avons obtenu les résultats ci-après :

DÉSIGNATION des échantillons	POIDS PRIMITIF des échantillons	PERTE de poids en trois mois	ASPECT DES PLAQUETTES après l'expérience
Plaquette brute d'acier doux..................	25gr,097	0gr,431	Surfaces piquées.
Plaquette brute de métal NC4............	23 ,771	0 ,374	Les surfaces sont recouvertes d'une mince couche d'oxyde, qui, une fois détachée, les laisse unies.

La supériorité de l'acier à haute teneur en nickel, employé sous forme de tôles, sur l'acier ordinaire, au point de vue de la résistance à la corrosion, est donc beaucoup moins marquée que ne le faisaient supposer les premières expériences. Cependant elle est encore réelle et peut contribuer à justifier l'emploi de l'acier-nickel pour les tôles des coques de torpilleurs et, d'une manière générale, pour toutes les tôles minces dont on craint l'altération par l'eau.

Applications pratiques reçues par le métal NC4. — Le métal NC4 a fait l'objet, depuis quelque temps, d'une application spéciale. Il s'agit de la confection de tôles de 1 à 8 millimètres d'épaisseur.

Pour cet emploi particulier, l'usine d'Imphy a fait, dans les conditions ordinaires de la fabrication courante, d'assez nombreuses coulées de métal NC4 au four Martin. Nous donnons ci-après, d'après les renseignements qu'elle nous a fournis, les résultats des essais de quelques-unes de ces coulées ; ces essais ont été pratiqués sur des barrettes de traction laminées et tournées à $13^{mm},8$ de diamètre.

Teneurs en					État des barrettes	Limite d'élasticité en kg. par mm²	Charge de rupture en kg. par mm²	Allongement p. 100	Striction $\frac{s-s'}{s} \times 100$
Carbone	Silicium	Manganèse	Chrome	Nickel					
0,538	0,256	0,40	2,228	23,2	naturel	57,2	88,3	37,8	64
					trempé	34,1	75	47,5	71
0,604	0,315	0,535	1,986	22,9	naturel	60,6	91,6	36	46
					trempé	37,4	81,6	56,5	61
0,628	0,117	0,285	2,31	23,3	naturel	58	86,7	28	50,2
					trempé	34,6	77,4	42,5	55,5
0,736	0,232	0,315	2,415	26,2	naturel	47,5	87,1	39,8	62
					trempé	40,9	81	45,8	71

On voit que les résultats des essais mécaniques sont à peu près indépendants de la teneur en carbone. Les allongements sont un peu moins élevés que sur les lingots d'essai que nous avons étudiés ; mais ils sont encore très remarquables, surtout pour une fabrication courante.

Nous devons ajouter que d'autres usines ont fabriqué des tôles destinées au même usage que les tôles en métal NC4 d'Imphy et fabriquées avec un métal de même teneur en nickel sans chrome. L'usine Saint-Jacques, à Montluçon, a fait, en particulier des tôles dont la composition moyenne était la suivante :

Carbone........................	0,5 à 0,6 p. 100
Silicium........................	0,4 à 0,6
Manganèse......................	0,4 à 0,6
Nickel..........................	20 à 25

Les barrettes de traction, de l'épaisseur de la tôle, de 30 millimètres de largeur et de 100 millimètres de longueur entre repères, devaient, d'après le cahier des charges, donner les résultats ci-après :

	TÔLE DE MOINS DE 2 MM.		TÔLES DE 2 MM. ET AU DESSUS	
	VALEURS moyennes	VALEURS individuelles	VALEURS moyennes	VALEURS individuelles
ès laminage et sans traitement métallur- préalable..........	E plus grand que 48k. R id. 67 A °/o id. 25	E plus grand que 43k. R id. 64 A °/o id. 20	E plus grand que 50k. R id. 70 A id. 30	E plus grand que 45k. R id. 67,5 A id. 25
ès trempe au rouge dans l'eau froide...	E plus grand que 33k. R id. 65 A °/o id. 35	E plus grand que 30k. R id. 62 A °/o id. 32	E plus grand que 36k. R id. 67,5 A id. 38	E plus grand que 32k. R id. 65 A id. 35

On fait, en outre, des essais de pliage, pour lesquels les barrettes, prises de préférence dans le sens du travers, ont l'épaisseur même de la tôle et environ 260 millimètres de longueur sur 30 millimètres de largeur. Pour les tôles de moins de 2 millimètres d'épaisseur, le pliage est fait à bloc ; pour les tôles de 2 millimètres et au dessus, il est fait à un rayon intérieur égal à l'épaisseur des tôles. Les barrettes soumises à l'essai, sans aucun traitement métallurgique préalable, doivent le supporter sans aucune criqûre, ni gerçure.

Il peut être procédé enfin aux épreuves de renseignement suivantes :

Dans la première on perce à froid, sur les bords de la tôle, des trous avec un poinçon de 7 millimètres de diamètre environ ; la distance du bord du trou à la rive est égale à l'épaisseur de la tôle, sauf pour les tôles de moins de 2 millimètres, pour lesquelles elle est uniformément de 2 millimètres. Les trous sont ensuite agrandis au mandrin, et l'on augmente ainsi le diamètre du tiers de sa valeur ; cette dernière opération ne doit donner lieu à aucune criqûre. L'autre épreuve, spéciale aux tôles dont l'épaisseur ne dépasse pas 3 millimètres, consiste dans un essai d'emboutissage ; on forme une calotte sphérique dont la circonférence de base a pour diamètre 66 fois

l'épaisseur de la tôle, et dont la flèche est égale au tiers de ce diamètre.

Il ne doit se produire ni fentes, ni gerçures.

Les conditions imposées sont très couramment réalisées par le métal NC4 d'Imphy, même celle relative à la valeur minima de la limite élastique, qui est relativement élevée ; l'élévation de la limite élastique est obtenue assez facilement par un laminage final à basse température qui écrouit les tôles.

L'usine d'Imphy, qui coule le métal NC4 en grandes masses au four Martin, a essayé de profiter de l'augmentation considérable de limite élastique produite par l'écrouissage pour faire des éléments de canon sans les recuire et sans les tremper; mais elle n'est pas arrivée, même sur des tubes de petite longueur, à obtenir un écrouissage assez régulier. La fabrication des tubes présente, d'ailleurs, de grandes difficultés à l'usinage, car les copeaux produits s'enroulent sans se briser, et le débourrage des barres de forage est presque impossible. Aussi l'usine d'Imphy a-t-elle à peu près renoncé à l'emploi du métal NC4 pour la confection des éléments de canon.

Elle estime, au contraire, que pour les frettes le métal peut être employé avec avantage ; le forgeage sur mandrin, suivi de trempe, régularise la texture du métal et permet de réaliser des propriétés mécaniques remarquables. On a obtenu, sur des frettes en métal très carburé, les résultats ci-après donnés par des barrettes de $13^{mm},8$ de diamètre et 100 millimètres de longueur entre repères prises dans le sens du travers :

	LIMITE d'élasticité	CHARGE de rupture en kil. par mm²	ALLONGEMENTS p. 100	STRICTION $\frac{s - s'}{s} \times 100$
Frette n° 1	$36^k,5$	$79^k,5$	46,2	38,6
Frette n° 2	41 ,4	80 ,2	46	33

Conclusion relative au métal NC4. — En somme, le métal NC4 (*) présente des propriétés mécaniques très intéressantes. Après forgeage et sans aucun traitement, sa limite élastique dépasse 40 kilogrammes, sa charge de rupture 70 kilogrammes, et son allongement à la rupture atteint 45 p. 100. Toutefois la limite élastique de flexion et le coefficient d'élasticité déterminés par des essais de flexion paraissent trop faibles pour permettre, en général, de l'employer à cet état. Le traitement qui paraît, dans la plupart des cas, le mieux convenir à ce métal consiste dans une trempe au rouge cerise non suivie de recuit. La limite élastique descend alors à une valeur comprise entre 30 et 35 kilogrammes; mais la résistance vive élastique augmente notablement. En même temps l'allongement à la rupture atteint 60 p. 100, et la charge à la rupture restant sensiblement la même, la résistance vive de rupture prend une valeur très élevée. La fragilité, déjà très faible pour le métal simplement forgé, diminue encore dans de grandes proportions.

Il convient d'ajouter qu'aux essais de traction les barrettes s'allongent sur toute leur longueur; il en résulte que, dans une pièce en métal NC4 soumise à un choc, toutes les parties concourent ensemble à éteindre, par leur allongement, la force vive du choc, malgré les différences de section qui peuvent exister de l'une à l'autre. Nous pensons donc qu'on peut faire travailler le métal à une charge presque double de celle qui est admise pour l'acier doux. Dans ces conditions, une mèche de gouvernail en métal NC4 ne coûterait guère plus du double de la pièce en acier doux qu'elle remplacerait.

(*) Ce métal est défini par la composition ci-après :

Carbone........................	0,55 à 0,80 p. 100
Silicium........................	0,20 à 0,50
Manganèse......................	0,30 à 0,60
Chrome.........................	2 à 3
Nickel..........................	20 à 25

Nous avons vu, en outre, qu'en écrouissant le métal par un forgeage ou un laminage à basse température ou suivi de recuit, on peut avoir une limite élastique de plus de 50 kilogrammes avec une charge de rupture de plus de 70 kilogrammes et un allongement de plus de 25 p. 100. Ces résultats s'obtiennent couramment pour les tôles de 2 à 8 millimètres d'épaisseur, confectionnées par l'usine d'Imphy.

En ce qui concerne les applications possibles du métal NC4 à la fabrication des pièces de forge, nous avons reconnu que les pièces brutes de forge présentent généralement des veines plus ou moins profondes, et l'on est conduit, par suite, à prévoir sur toutes les surfaces un excédent de métal de 10 millimètres d'épaisseur à faire disparaître par l'usinage. D'autre part, on ne peut considérer comme pratique d'autre travail d'usinage que celui des tours, machines à raboter et autres outils du même genre.

Dans ces conditions, on ne doit songer à confectionner en métal NC4 que des pièces terminées par des surfaces planes ou de révolution, telles que des mèches de gouvernail, des arbres cylindriques, des pistons, des tiges de pistons, etc.

Les tôles de métal NC4 se travaillent très bien à chaud et à froid ; réunies par des rivets de même métal, elles donnent des coutures solides et parfaitement étanches. Dans ces conditions, les valeurs élevées de leur ténacité et de leur malléabilité, ainsi que de leur limite élastique après écrouissage, leur résistance assez grande aux divers agents d'altération, leur mode d'attaque qui donne lieu à une usure générale sans piqûres, doivent rendre leur emploi très avantageux dans bien des cas, en particulier dans la fabrication des coques de torpilleurs. La longueur maxima des tôles dépendrait naturellement de la profondeur des fours dont disposent les usines de laminage.

Enfin le métal NC4, étudié au point de vue d'une application possible à la fabrication des blindages de pont, a paru inférieur à l'acier extra-doux au tir de plein fouet, employé jusqu'ici pour la réception des plaques. Il n'est pas démontré toutefois qu'au tir oblique, seul à considérer au point de vue pratique pour ce genre de blindages, le métal NC4 ne présente sur l'acier extra-doux une certaine supériorité qui permettrait, le cas échéant, de réaliser des économies de poids sérieuses par des réductions d'épaisseur.

En somme, dans les applications très limitées qu'il a reçues jusqu'à ce jour, le métal NC4 n'a donné lieu à aucun mécompte. Sa fabrication au four Martin Siemens étant entrée dans la pratique courante des aciéries, tout au moins de l'usine d'Imphy, il est à désirer que les constructeurs s'efforcent d'utiliser d'une manière plus sérieuse les remarquables qualités mécaniques de cet acier.

III

DE L'ACIER AU NICKEL ET AU CHROME, A TENEUR EN NICKEL VOISINE DE 12 P. 100, FABRIQUÉ A L'USINE D'IMPHY.

Définition du métal N. 12,5 **d'Imphy.** — Ainsi que nous l'avons fait connaître à la fin de la première partie de cette note, c'est à l'usine d'Imphy que revient l'honneur d'avoir reconnu les propriétés remarquables que révèle le recuit à basse température dans les aciers à teneur en nickel comprise entre 10 et 20 p. 100. Parmi ces aciers, l'usine d'Imphy a particulièrement étudié le métal dit N. 12,5 à 0,30 p. 100 environ de carbone, 12 p. 100 environ de nickel et 1 p. 100 environ de chrome.

Premiers essais faits à Guérigny sur le métal N. 12,5. — Pour nous permettre d'apprécier en connaissance de cause les qualités du métal N. 12,5, l'usine d'Imphy a bien voulu nous en adresser deux barres rondes de 20 millimètres de diamètre et de 500 millimètres de longueur. Nous avons analysé ces barres ; puis nous avons prélevé une première barrette de traction avant tout traitement et une seconde après recuit au bois flambant.

La composition était la suivante :

Carbone	0,310 p. 100
Silicium	0,163
Manganèse	0,234
Nickel	12,090
Chrome	0,807

Les résultats obtenus aux essais de traction sont les suivants :

DÉSIGNATION des barrettes	DIAMÈTRE primitif en mm.	SECTION en mm² s	LONGUEUR entre repères en mm.	CHARGE à la rupture en kilos par mm²	ALLONGEMENT p. 100	CALIBRE à la rupture	SECTION de rupture en mm² s'	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$
Barrette naturelle.......	10	78,5	72	180,9	3,4	9,5	70,88	9
Barrette recuite au bois fumant.............	10	78,5	72	129,9	9,5	6,6	34,21	56

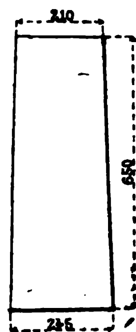
Nous avons constaté, en outre, que le métal, presque impossible à travailler à l'état naturel, même avec l'acier XW d'Imphy (*), se coupe assez facilement sur la machine après le recuit au bois fumant, pourvu qu'on ait soin de le travailler à sec et de faire marcher les outils assez lentement.

Composition, forme et dimensions du lingot du métal N. 12,5 **qui a été étudié à Guérigny.** — Les excellents résultats

(*) Voir page 276.

donnés par les deux barres rondes de 20 millimètres de métal N. 12,5 nous ont engagé à poursuivre nos expériences, et, dans ce but, nous avons demandé à l'usine d'Imphy un lingot de 250 kilogrammes.

Le lingot que nous avons reçu était à section carrée et avait la forme indiquée par le croquis ci-contre ; il présentait la composition suivante :


Fig. 9.

Carbone	0,46 p. 100
Silicium	0,23
Manganèse	0,43
Nickel	12,01
Chrome	0,75

Le métal avait donc une teneur en carbone et en manganèse sensiblement inférieure à celle des premières barres essayées ; nous verrons qu'il a été trouvé moins dur que le précédent à l'état naturel et plus dur après le recuit à 500°.

Forgeage et laminage du lingot de métal N. 12,5. — Le forgeage du lingot de métal N. 12,5 a eu lieu au pilon de 5 tonnes dans les conditions ci-après.

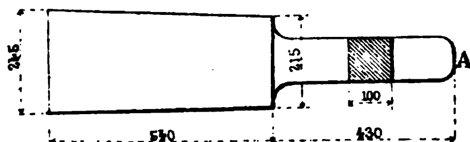


Fig. 10.

On a commencé par étirer la partie haute dans une première chaude de manière à faire une queue d'amarrage représentée par la *fig.* 10.

On s'est alors griffé sur la queue A, et on a commencé

l'étirage du pied du lingot. Dans la deuxième chaude, le pied, chauffé au rouge cerise, a été amené à une section carrée de 180 millimètres de côté ; mais des criqûres assez nombreuses se sont formées sur les quatre faces et ont été enlevées à la tranche.

La troisième chaude a permis d'amener le pied à une section carrée de 100 millimètres de côté, et de donner à la pièce la forme représentée par la *fig.* 11.

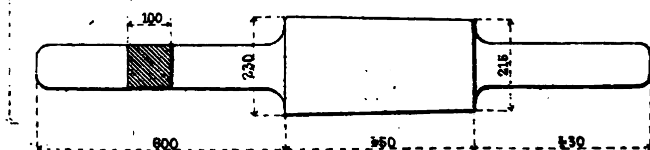


Fig. 11.

Les criqûres observées au cours de la chaude précédente n'ont pas reparu. On a détaché en C un morceau destiné à être laminé en rond ; puis on a continué l'étirage, et l'on a pu obtenir d'une seule chaude une barre à section carrée de 42 à 45 millimètres de côté, dont la longueur a atteint $1^m,230$. Enfin on a étiré en trois chaudes un plateau de 605 millimètres de longueur sur 265 millimètres de largeur et 53 millimètres d'épaisseur qui devait donner une tôle par le laminage.

Avec le morceau détaché en C on a laminé une barre ronde de 18 millimètres de diamètre ; avec le plateau on a confectionné une tôle de 5 millimètres d'épaisseur. Ces opérations n'ont donné lieu à aucune difficulté.

On voit donc que le métal N. 12,5 se forge et se lamine bien. Quelques précautions sont nécessaires pour éviter les criqûres ; mais, dans le voisinage de la température du rouge cerise, le travail s'opère dans des conditions absolument pratiques.

Usinage des pièces en métal N. 12,5. — Après simple forgeage, après trempe au rouge cerise, ou après recuit à

une température supérieure à celle du rouge naissant, le métal N. 12,5 n'est pour ainsi dire pas attaqué par les outils. A cet état, d'ailleurs, le métal est d'une dureté et d'une fragilité qui le rendent absolument inutilisable.

Ainsi que nous le verrons plus loin, c'est par un recuit à une température comprise entre le bois fumant et le bois flambant que le métal acquiert les propriétés mécaniques spéciales qui le caractérisent ; ce recuit présente en même temps l'avantage de rendre l'usinage relativement facile.

On a pu, en effet, raboter et refendre les pièces convenablement traitées avec des outils en acier XW d'Imphy, sans que la vitesse descendît à moins de $1^m,80$ par minute, et le tour a pu travailler à une vitesse circonférentielle de $2^m,450$ à la minute ; toutefois le serrage était assez faible et n'a pas dépassé $0^{mm},7$ sur la raboteuse.

Des essais mécaniques pratiqués sur les pièces en métal N. 12,5. — Pour vérifier les propriétés mécaniques de notre métal, nous avons découpé en plusieurs fragments la barre ronde de 18 millimètres de diamètre que nous avions laminée, et nous avons prélevé des barrettes de traction dans chacun d'eux après leur avoir fait subir divers traitements. Le tableau ci-après fait connaître les résultats obtenus.

ÉTAT DU MÉTAL	DIAMÈTRE primitif en mm.	SECTION primitive en mm² s	LONGUEUR entre repères	CHARGE à la rupture en kilos par mm²	ALLONGEMENT p. 100	CALIBRE à la rupture	SECTION de rupture en mm² s'	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$	ASPECT de la cassure
Barrette naturelle......	10	78,5	72 mm.	117,5	0,8	9,8	75,43	3	grain tr. fin
Barrette trempée au rouge cerise...............	10	78,5	72	119,7	0,5	9,9	76,98	2	id.
Barrette trempée au rouge cerise et recuite au rouge cerise.........	10	78,5	72	123,6	0,4	9,8	75,43	3	id.
Barrette trempée au rouge cerise et recuite au bois flambant............	10	78,5	72	136,3	9,1	9	63,62	19	aspect terne
Barrette simplement recuite au bois flambant.	10	78,5	72	141,4	11,8	8,3	54,11	31	id.

Ces premières expériences ont mis nettement en relief l'absence de striction et d'allongement à la rupture du métal simplement forgé, et l'action à peu près nulle de la trempe et du recuit à haute température sur les propriétés du métal ; en même temps, elles ont fait ressortir clairement l'heureuse influence du recuit au bois flambant, précédé ou non d'une trempe.

Nous avons essayé également la barre à section carrée de 42 millimètres environ de côté. Nous en avons d'abord recuit un premier fragment au bois étincelant, suivant les indications d'Imphy ; nous y avons prélevé une barrette de traction et un barreau de choc de 30/30, qui ont donné les résultats ci-après :

1° *Essai de traction.*

Diamètre de la barrette.............	$13^{mm},8$
Section primitive *s*..................	150^{mm^2}
Longueur entre repères.............	100^{mm}
Charge à la rupture en kilogrammes par millimètre carré..............	$141^{kg},3$
Allongement p. 100.................	$4^{mm},5$
Diamètre à la rupture...............	$13^{mm},3$
Section de rupture *s*	$138^{mm},3$
Striction $\frac{s}{s - s'} \times 100$..............	$7^{mm},5$

2° *Essai de choc avec le mouton de* 18 *kilogrammes tombant d'une hauteur de* $2^{m},75$.

Flèche après le	Cinquième coup.........	4 millimètres
	Dixième coup...........	6
	Quinzième coup	$6^{mm},75$
	Vingtième coup..........	$7^{mm},5$
	Vingt-cinquième coup....	$8^{mm},25$
	Trentième coup	9 millimètres
	Trente-cinquième coup...	$9^{mm},5$
	Quarantième coup	10
	Quarante-cinquième coup.	$10^{mm},5$
	Cinquantième coup	11
	Cinquante-cinquième coup	$11^{mm},5$

La rupture ne s'est produite qu'au cinquante-neuvième coup.

On voit que, malgré sa haute résistance et sa grande raideur, le métal était peu fragile; toutefois l'allongement à la rupture était sensiblement inférieur à la valeur prévue. Nous avons donc été conduit à augmenter un peu la température du recuit, qui, pour un second fragment, a été portée au bois flambant. On a obtenu les résultats ci-après :

1° Essai de traction.

Diamètre de la barrette	13mm,8
Section primitive	150mm²
Longueur entre repères	100mm
Limite d'élasticité en kilogrammes par millimètre carré	108kg,7
Charge de rupture en kilogrammes par millimètre carré	137kg,3
Allongement p. 100	7mm,7
Diamètre à la rupture	11mm
Section de rupture s'	95mm,03
Striction $\frac{s}{s - s'} \times 100$	37mm

2° Essai de choc.

Flèche après le	Cinquième coup	4 milimètres
	Dixième coup	6
	Quinzième coup	7
	Vingtième coup	8
	Vingt-cinquième coup	9
	Trentième coup	9mm,75

La rupture a eu lieu au trente-troisième coup.

Cette fois, on a eu un allongement et une striction notables, et, bien que l'essai de choc ait donné un résultat inférieur au premier, le métal doit être considéré comme peu fragile. On n'exige, en effet, que quinze coups de mouton pour les pièces en acier spécial à blindages, telles que les tubes pour transmetteurs d'ordres et pour passage des munitions, qui sont reçues sur essais mécaniques.

Bien que ces résultats soient satisfaisants, on remarque qu'ils sont un peu inférieurs à ceux donnés par les fragments de la barre ronde de 18 millimètres. Cette infériorité relative doit tenir à l'insuffisance du corroyage ; il est très probable que, si les barres carrées de 42 millimètres de côté avaient été tirées d'un plus gros lingot, on eût obtenu, comme avec la barre ronde, un allongement supérieur à 10 p. 100, et par suite de meilleurs essais au choc. Telles qu'elles sont, nos expériences suffisent à montrer la possibilité d'obtenir des pièces de forge en métal N. 12,5 à la fois résistantes et peu fragiles, en faisant suivre le forgeage d'un recuit à basse température.

Essais de flexion à la romaine Joëssel. — Comme pour le métal NC4, nous avons fait subir à un barreau convenablement traité un essai de flexion sur la romaine Joëssel. Ce barreau avait une section carrée de 10/10 et avait été prélevé dans le fragment de barre carrée recuit au bois flambant.

Il reposait sur deux couteaux distants de 180 millimètres ; la pression a été augmentée progressivement, et, pour obtenir la limite élastique, une fois la valeur de la flèche relevée sous la charge, on ramenait la charge à zéro de manière à déterminer la flèche restante.

On n'a commencé à observer de flèche permanente appréciable que sous une pression de 320 kilogrammes qui faisait travailler le métal à une charge de $86^{kg},400$ par millimètre carré ; peut-être même la flèche permanente trouvée sous cette charge déjà élevée pouvait-elle être attribuée à une légère pénétration des couteaux dans le barreau. On peut donc affirmer que la limite d'élasticité à la flexion ne descend guère au-dessous de 90 kilogrammes.

La flèche totale a augmenté d'une manière très régu-

lière, et la valeur de 170 millimètres, que notre appareil ne nous permettait pas de dépasser, n'a été atteinte que sous une pression de 800 kilogrammes, correspondant à une charge de 216 kilogrammes par millimètre carré sur le barreau droit. Avec l'acier doux, cette flèche avait été réalisée pour une pression de 270 kilogrammes, et avec le métal NC4 pour une pression de 350 kilogrammes. On en conclut que le métal N.12,5, convenablement traité au recuit, présente, avec une limite élastique très élevée, une raideur considérable.

Essais à chaud d'une tôle en métal N.12,5. — La tôle de 5 millimètres d'épaisseur obtenue par le laminage du plateau détaché du lingot après forgeage a été soumise aux essais réglementaires à chaud de tôles d'acier doux.

On a pu former, en vingt-quatre chaudes, la cuve représentée ci-dessous (*fig.* 12), sans faire apparaître d'autre défaut qu'une petite criqûre à l'intérieur de chaque angle.

On a façonné en seize chaudes une calotte présentant des dimensions réglementaires ; cette calotte n'avait aucun défaut (*fig.* 13).

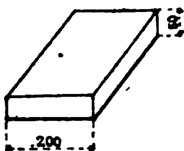


Fig. 12.

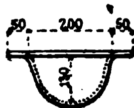
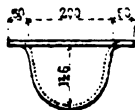


Fig. 13.


Fig. 14.

Une deuxième calotte (*fig.* 14) a été ensuite chaudronnée, et sa confection a été poussée aussi loin que possible. On a pu donner vingt-sept chaudes et atteindre une flèche de 146 millimètres avant de faire apparaître une déchirure.

On voit donc que les tôles de métal N.12,5 se laissent emboutir sans difficulté à la température du rouge cerise.

Leur application aux divers usages des tôles en acier ordinaire est donc parfaitement pratique.

Essais de corrosion pratiqués sur le métal N. 12,5. — Des essais de corrosion, analogues à ceux qui avaient été pratiqués sur le métal NC4, ont été également effectués sur des plaquettes de métal N. 12,5. Ces plaquettes carrées, de 25 millimètres de côté et 5 millimètres d'épaisseur, qui avaient été préalablement polies, ont été plongées pendant trois mois avec des plaquettes d'acier doux de même forme dans l'eau salée bouillante, dans l'eau salée froide et dans une eau acidulée. Le tableau ci-après fait connaître les pertes de poids observées sur les divers échantillons dans les mêmes conditions.

		POIDS PRIMITIF des plaquettes	PERTE de poids en trois mois
1° Eau salée bouillante......	acier doux.......	23gr,696	0gr,175
	métal N. 12,5....	22 ,596	0, 090
2° Eau salée froide..........	acier doux.......	23 ,207	0 ,091
	métal N. 12,5....	21 ,450	0 ,068
3° Eau acidulée.............	acier doux.......	23 ,197	0 ,362
	métal N. 12,5....	23 ,397	0 ,229

On voit que le métal N. 12,5 est loin de valoir le métal NC4 au point de vue de la résistance à l'attaque des divers agents de corrosion; mais il est encore très supérieur à l'acier doux.

On a également essayé, dans l'eau acidulée, des plaquettes brutes de laminage; cette fois, le métal N. 12,5 n'a présenté sur l'acier ordinaire aucun avantage marqué.

Tentatives d'application du métal N. 12,5 à la fabrication des blindages minces. — L'usine d'Imphy s'est préoccupée

particulièrement de l'application du métal N. 12,5 à la fabrication des blindages minces. Dans ce but, elle a fourni, à titre d'essai, à la manufacture d'armes de Saint-Étienne, 250 feuilles de tôle de $1^m,176$ de longueur sur $0^m,956$ de largeur et 5 millimètres d'épaisseur, qui répondaient aux conditions de recette indiquées ci-après.

1° *Épreuves de traction.* — Il sera pris sur chaque lot de tôles provenant de la même coulée quatre barrettes de traction, dont deux en long et deux en travers, de 100 millimètres entre repères et de 30 millimètres de largeur; elles devront donner au minimum 7 p. 100 d'allongement moyen.

2° *Épreuves de tir.* — Une tôle plate, choisie par le Service du Contrôle sur l'ensemble des tôles provenant de la même coulée, devra résister à un tir de cinq balles exécuté à 150 mètres avec le fusil modèle 1886 et la cartouche réglementaire, la tôle étant disposée normalement à la direction du tir, et le tir dirigé vers le centre de la tôle, sans que l'intervalle des points d'impact puisse descendre à moins de 10 centimètres. La tôle éprouvée ne devra présenter, après le tir, ni trou, ni fente intéressant l'épaisseur, c'est-à-dire qu'elle devra rester imperméable à l'eau.

Un recuit à 400° après laminage suffit, au dire de l'usine d'Imphy, pour permettre, avec le métal N. 12,5, la réalisation de ces conditions, qui exigeaient jusqu'ici l'emploi de l'acier chromé trempé ; on n'aurait donc plus à craindre, avec ce métal, les irrégularités produites par la trempe sur des tôles minces et de grandes dimensions.

Conclusion relative au métal N. 12,5. — Les expériences que nous avons fait subir au métal N. 12,5, à 12 p. 100 de nickel et 1 p. 100 de chrome, ont été poussées beaucoup moins loin que sur le métal NC4 ; elles sont, par suite, moins concluantes. Elles suffisent cependant pour montrer

qu'on peut tirer un excellent parti de ce métal en le traitant convenablement par un recuit à basse température. Il acquiert, en effet, par ce recuit, des qualités spéciales, qui justifieraient son application à la fabrication des pièces de forge pour lesquelles on recherche à la fois peu de fragilité, beaucoup de ténacité, une haute limite élastique supérieure à 80 kilogrammes, une charge à la rupture supérieure à 100 kilogrammes, avec un allongement à la rupture très appréciable. On pourrait avoir un métal plus ou moins doux en faisant varier la teneur en carbone.

Dès maintenant, l'usine d'Imphy est en mesure de livrer des lingots de 800 kilogrammes qui permettraient déjà de fabriquer des pièces d'une certaine importance. Le recuit particulier, nécessaire pour mettre en évidence les qualités du métal, constitue d'ailleurs un traitement assez facile; il nécessiterait simplement, pour devenir pratique, l'installation de fours spéciaux dont le laboratoire serait maintenu à la température du bois de sapin flambant.

Ce métal paraît, en outre, susceptible d'être employé sous forme de tôles; à cet état, il se travaille bien à chaud et on peut obtenir des propriétés mécaniques très satisfaisantes, comme l'ont montré les essais de traction pratiqués par l'usine d'Imphy sur la fourniture de Saint-Étienne.

Enfin les résultats excellents donnés au tir par les tôles de métal N. 12,5 semblent montrer que l'alliage dont il s'agit peut être employé avantageusement à la fabrication de certains blindages.

IV

DES ACIERS AU NICKEL A TENEUR EN NICKEL SUPÉRIEURE A 25 P. 100.

Depuis quelques années, M. Ch.-Ed. Guillaume s'est livré à une série d'expériences sur des échantillons d'aciers à différentes teneurs en nickel (de 0 à 45 p. 100) que lui a fournis l'usine d'Imphy; l'étude des propriétés physiques de ces métaux l'a conduit à des conclusions très intéressantes, particulièrement en ce qui concerne l'alliage à 36 p. 100 de nickel.

Nous allons passer en revue les expériences de M. Guillaume, en vue de mettre en relief le parti que l'on peut tirer des aciers à très haute teneur en nickel (*).

Homogénéité. — M. Guillaume a reconnu en premier lieu, que tous les alliages, préparés au creuset, présentaient une grande homogénéité. Dès que l'on descendait par l'usinage au-dessous de la couche superficielle, toujours un peu craquelée, on avait un métal parfaitement sain, prenant un beau poli et sans aucune piqûre visible avec un grossissement de 80 diamètres. Les traits de quelques microns (millièmes de millimètre) de largeur étaient d'une parfaite régularité.

Résistance à la corrosion des aciers à très haute teneur en nickel. — Nos propres expériences nous ont montré la grande résistance que présente le métal à 25 p. 100 de nickel à l'attaque des divers agents de corrosion. Cette

(*) Voir les *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, t. CXXIV, n°s 4 du 25 janvier 1897, 14 du 5 avril 1897, et 26 du 28 juin 1897 ; t. CXXV, n° 4 du 26 juillet 1897.

résistance augmente encore, quand la teneur en nickel dépasse 25 p. 100; l'alliage à 36 p. 100 de nickel est pour ainsi dire inattaquable. Ainsi une règle divisée, confectionnée avec ce dernier métal, « peut être abandonnée pendant des mois dans une atmosphère saturée d'humidité, sans prendre la moindre tache de rouille ». Dans les expériences comparatives de dilatation, dont nous parlerons plus loin, « les règles essayées ont séjourné pendant des heures dans l'eau tiède et n'ont jamais été essuyées quand on les retirait ; ces règles sont restées, en outre, un temps prolongé dans la vapeur d'eau bouillante, et les traits ne se sont pas détériorés ».

Bien entendu, ces observations se rapportent à des échantillons soigneusement polis ; car, même avec l'alliage à 36 p. 100, les surfaces brutes se recouvrent en quelques jours, dans la vapeur d'eau, d'une couche de rouille peu adhérente, mais continue. M. Guillaume a observé de plus que le léger dépoli produit par une tache d'encre sur une règle de ce métal s'accentuait rapidement dans l'eau.

Dilatation des aciers en nickel aux températures voisines de la température ordinaire. — Les divers échantillons fournis à M. Guillaume par la Société de Commentry-Fourchambault ont été étudiés particulièrement au point de vue des dilatations à des températures voisines de la température ordinaire. Les recherches ont porté sur des barres rectangulaires de 22 ou 25 millimètres de côté ; ces barres ont été ajustées à une longueur un peu supérieure à 1 mètre, polies au voisinage des extrémités et tracées pour la mesure des dilatations.

Les barres d'acier-nickel ont été comparées à une règle en platine iridié, étudiée autrefois par M. Benoît ; pour les opérations, les règles étaient immergées dans l'eau. Les observations ont été faites à cinq groupes de températures

régulièrement espacées entre 0° et 80° ; toutefois, pour les alliages voisins du minimum de dilatation, le nombre des groupes a été reporté à 6.

Les résultats obtenus sont donnés par le tableau ci-après :

DÉSIGNATION DES ALLIAGES	DILATATION MOYENNE entre 0° et T° évaluée en millièmes de millimètres ou microns	DÉSIGNATION DES ALLIAGES	DILATATION MOYENNE entre 0° et T° évaluée en millièmes de millimètres ou microns
ier sans nickel	10,354 + 0,00523T	Acier à 30,8 p. 100 de nickel	4,570 + 0,01194T
ier à 5 p. 100 de nickel	10,529 + 0,00580T	Acier à 31,4 p. 100 de nickel	3,395 + 0,00885T
ier à 12,4 p. 100 de nickel et 1 p. 100 le chrome	11,714 + 0,00508T	Acier à 34,6 p. 100 de nickel	1,373 + 0,00237T
ier à 16,8 p. 100 de nickel et 1 p. 100 le chrome	11,436 + 0,00170T	Acier à 36,1 p. 100 de nickel	0,877 + 0,00127T
ier à 19 p. 100 de nickel	11,427 + 0,00362T	Acier à 36,4 p. 100 de nickel	1,058 + 0,00320T
ier à 22 p. 100 de nickel et 3 p. 100 de chrome	17,097 + 0,00974T	Acier à 36,6 p. 100 de nickel	1,144 + 0,00171T
ier à 24 p. 100 de nickel	17,484 + 0,00711T	Acier à 37,5 p. 100 de nickel	3,457 — 0,00647T
ier à 26,2 p. 100 de nickel	13,103 + 0,02123T	Acier à 39,5 p. 100 de nickel	5,357 — 0,00448T
ier à 28 p. 100 de nickel	11,288 + 0.02889T	Acier à 44,5 p. 100 de nickel	8,508 — 0,00251T
		Nickel	12,661 + 0,00550T

On voit que les dilatations varient peu jusqu'à une teneur en nickel de 20 p. 100 environ. A partir de là, elles augmentent rapidement jusqu'à la teneur de 25 p. 100 pour laquelle le coefficient atteint 18 microns ; elles diminuent ensuite graduellement jusqu'à la teneur de 36 p. 100 pour se relever de nouveau. Le coefficient de dilatation de l'alliage à 36 p. 100 de nickel n'est que de 0,8 micron, alors que celui du platine iridié est de 8 microns. Les variations du deuxième terme du coefficient de dilatation sont d'ailleurs assez accentuées ; il est maximum et atteint une valeur assez élevée dans les alliages à 28 p. 100, pour diminuer ensuite et devenir même négatif à partir de la teneur de 37 p. 100.

Ces recherches ont conduit à une application importante des aciers à haute teneur en nickel. Le métal à 36,5 p. 100 de nickel, qui n'est pas plus oxydable que le nickel pur, peut être employé pour faire des règles de grande

précision, ainsi que des hausses invariables; il prend d'ailleurs, comme nous l'avons vu, un très beau poli et supporte très bien la gravure. Le coefficient de dilatation de 0,8 de micron, obtenu sur un échantillon d'essai, ne pourrait être évidemment garanti en fabrication courante; mais l'usine d'Imphy affirme être en mesure de fournir un métal, donnant à 20° un coefficient de dilatation vraie inférieur à 1,5 micron, c'est-à-dire au cinquième de celui du platine iridié.

La grande différence entre les coefficients de dilatation extrêmes des aciers au nickel (0,8 et 18 microns) peut conduire, en outre, à d'autres emplois intéressants de ces alliages. Ainsi on a fait des balanciers très exactement compensés avec une tige en acier à faible dilatation et une lentille à 18 microns de dilatation.

Propriétés magnétiques des aciers au nickel. — A la température ordinaire, les aciers non chromés contenant moins de 18 p. 100 environ de nickel sont magnétiques. Au-delà de cette teneur, ils cessent de l'être pour le redevenir aux teneurs supérieures à 30 p. 100.

M. Guillaume a recherché les lois qui régissent l'influence des variations de température sur les propriétés magnétiques des aciers au nickel; il a observé, dans cet ordre d'idées, des phénomènes très intéressants.

Les expériences ont été faites par la méthode dite d'*arrachement*.

L'échantillon, formé d'un barreau de 22 à 25 millimètres, au côté et de 8 à 10 centimètres de longueur, est suspendu à une balance en bois et plongé dans une chaudière en laiton pleine d'huile placée sur une des pièces polaires d'un électro-aimant. Le barreau est distant de 2 centimètres de la pièce polaire, dont il est séparé par le fond de la chaudière et une mince feuille de carton

d'amiante. On détermine la force d'arrachement à différentes températures.

Les expériences ont montré qu'au point de vue de l'influence de la température sur les variations des propriétés magnétiques les aciers au nickel peuvent être divisés en deux grandes classes. Les aciers au nickel non chromé contenant moins de 25 p. 100 de nickel sont *irréversibles ;* les aciers à plus de 25 p. 100 de nickel sont, au contraire, *réversibles*. Nous allons expliquer ce qu'il faut entendre exactement par ces expressions.

Tous les aciers au nickel sont magnétiques à une certaine température ; ceux qui ne le sont pas à la température ordinaire le deviennent quand on les refroidit suffisamment. La température à laquelle les aciers au nickel deviennent magnétiques est d'ailleurs d'autant plus basse qu'ils contiennent plus de nickel ; elle est inférieure à 0° pour les alliages voisins de 25 p. 100.

Les aciers *irréversibles*, une fois rendus magnétiques par le refroidissement, ne perdent leur magnétisme par réchauffement que s'ils sont portés au rouge ; les aciers *réversibles*, au contraire, « perdent leur magnétisme graduellement quand on les chauffe et le reprennent dans la même mesure, quand on les ramène aux mêmes températures ».

Les variations de la susceptibilité magnétique dans les alliages réversibles, c'est-à-dire dans les aciers à teneur en nickel supérieure à 25 p. 100, suivent la loi suivante :

Quand la température s'élève, « la force d'arrachement, d'abord à peu près constante, diminue à partir d'un point A assez bien marqué, puis tombe rapidement jusqu'à un point B pour lequel le métal est faiblement magnétique ». La région de transformation, qui s'étend du point A au point B, comprend environ 50°. La région de transformation s'élève avec la teneur en nickel : le point B, où le métal cesse d'être magnétique, part de 0° pour la teneur

de 27 p. 100 et atteint 320° pour la teneur de 40 p. 100. Pour l'alliage le moins dilatable (à 36 p. 100), la période de transformation commence à la température de 180° environ.

L'introduction dans l'alliage de métaux autres que le nickel a d'ailleurs une grande influence sur les propriétés magnétiques; une addition de chrome a la même action qu'une addition de nickel. Ainsi l'acier à 18 p. 100 de nickel est magnétique à la température ordinaire; qu'on y ajoute 2 p. 100 de chrome, il n'est plus magnétique qu'à une température très basse.

La réversibilité des propriétés magnétiques des aciers au nickel à teneur supérieure à 25 p. 100 a conduit à une application assez curieuse. Ainsi l'acier à 32 p. 100 de nickel, qui a sa période de transformation comprise entre 30° et 50°, a été utilisé à la confection des coupe-circuits. L'appareil consiste dans une armature qui est traversée par le courant tant qu'elle est attirée par un électro-aimant. Si le courant devient trop intense, l'armature s'échauffe légèrement, perd son magnétisme et se détache de l'électro en coupant le circuit; une fois qu'elle est refroidie, on peut la remettre simplement en circuit sans avoir à le remplacer.

Variations de volume dues aux variations des propriétés magnétiques. — Les variations des propriétés magnétiques des aciers nickel sont accompagnées de variations de volume.

Pour les alliages irréversibles non magnétiques, l'apparition du magnétisme due au refroidissement est accompagnée d'une brusque contraction qui a permis de faire des frettages énergiques; en même temps il se produit un durcissement parfois considérable du métal. Si l'on réchauffe ensuite l'acier, la contraction et le durcissement qui en est la conséquence persistent; ils ne disparaissent

qu'au moment où l'on atteint la température rouge, à laquelle se perd la susceptibilité magnétique.

Les alliages réversibles donnent lieu à des phénomènes du même ordre; mais les variations de la susceptibilité magnétique n'ont d'autre effet que de modifier les lois de la dilatation pendant la période de transformation magnétique. Si l'on prend un de ces alliages à une température où il est magnétique, et qu'on le chauffe graduellement, on constate que la dilatation, d'abord à peu près constante, augmente rapidement pendant la période de transformation, pour redevenir ensuite à peu près constante. Le passage de l'état magnétique à l'état non magnétique produit donc une augmentation de volume; mais ni l'augmentation, ni la contraction ne persistent en dehors de la période même de transformation, qui est limitée à une cinquantaine de degrés.

Des variations lentes de volume à température constante. — M. Guillaume a observé sur les aciers au nickel une particularité curieuse. Ces aciers, maintenus à une température constante, éprouvent des variations de volume et n'arrivent à leurs dimensions définitives qu'au bout d'un temps plus ou moins long, suivant la température; les aciers irréversibles se contractent par le recuit, les aciers réversibles s'allongent. En étudiant de près les allongements de ces derniers, on a constaté qu'ils suivent d'abord une loi exponentielle avec le temps et diminuent ensuite plus rapidement.

L'allongement total pris par une règle à une température déterminée est d'autant moindre que cette température est plus rapprochée de la période de transformation, mais il est atteint aussi d'autant plus rapidement. Une règle de l'alliage très peu dilatable (à 36 p. 100 de nickel), maintenue à la température ordinaire, augmenterait peu à peu de longueur pendant un temps très long. A la tempé-

rature de 150°, au contraire, cette règle cesse de s'allonger au bout de trente heures ; mais, ainsi recuite à fond, elle est encore susceptible de s'allonger, si on la maintient à une température inférieure.

Ces considérations montrent qu'il faut prendre certaines précautions avant d'employer les règles en acier au nickel.

Pour arriver à donner à une règle en acier à 36 p. 100 de nickel sa longueur définitive, il faut la maintenir pendant une centaine d'heures à la température de 100°, et lui faire subir ensuite des recuits successifs et plus prolongés à des températures plus basses, pour finir par un repos de deux ou trois mois à la température ordinaire. Le recuit complet à 100° produit un allongement de 25 à 30 microns par mètre ; les barres s'allongent encore de 12μ à 60°, de 6μ à 40° et, à la température ordinaire, de 2μ à 3μ. Les dimensions de la règle sont ensuite absolument invariables.

Conclusion relative au métal à 36 p. 100 de nickel. — En somme, l'acier à 36 p. 100 de nickel est caractérisé par des propriétés physiques très curieuses. Indépendamment de ses propriétés magnétiques spéciales qui peuvent le rendre précieux dans certains cas, il se distingue particulièrement des autres métaux par sa faible dilatation. Il peut même être substitué avantageusement au platine iridié pour la confection de règles étalons de grande précision. Il prend, en effet, un très beau poli, est à peu près inoxydable et supporte très bien la gravure ; une fois amené par des recuits successifs et prolongés à ses dimensions définitives, il ne subit plus que des variations de longueur absolument négligeables. Cet alliage paraît donc appelé à un grand avenir, en raison de la faible valeur relative de son prix comparé à celui du platine iridié qu'il est susceptible de remplacer.

V

DE L'ACIER AU SILICIUM.

Des considérations qui ont conduit l'usine d'Imphy à proposer l'acier au silicium. — Depuis plusieurs années, l'usine d'Imphy emploie, pour la fabrication des ressorts de qualité supérieure, destinés aux Compagnies de chemins de fer, un acier à haute teneur en silicium (1,20 p. 100) et à faible teneur en carbone (0,30 p. 100). Cet acier est laminé en barres plates, dont la largeur varie de 60 à 150 millimètres et l'épaisseur de 5 à 12 millimètres. Ces barres sont ensuite recuites au rouge cerise, puis trempées à l'eau au rouge cerise, jusqu'à ce que leur température atteigne environ 300°, et enfin soumises à un recuit au bois flambant, suivi d'un refroidissement naturel à l'air.

A la suite de ces opérations, la limite élastique de flexion atteint, aux dires de l'usine, 130 kilogrammes par millimètre carré, et la charge de rupture à la flexion, dans la fibre la plus chargée, va jusqu'à 200 kilogrammes par millimètre carré.

Les essais à la traction, pratiqués sur des barrettes de 30 millimètres de largeur, d'une épaisseur égale à l'épaisseur des barres et de 100 millimètres de longueur entre repères, donnent les résultats suivants :

Limite d'élasticité	110 kilogrammes.
Charge de rupture	125 —
Allongement p. 100 à la rupture.	7 à 9

Ce métal est, en outre, très fibreux et, par suite, très résistant au choc ; la rupture au choc, au lieu de se produire brusquement, se fait par arrachement du nerf des fibres.

D'après M. Werth, Directeur des usines de Fourcham-

bault et d'Imphy, la mise en évidence des propriétés remarquables de ce métal aux fibres longues et soyeuses, de teinte gris argent, doit être attribuée au recuit final au bois flambant. Avant ce recuit, l'acier casse à grain fin et présente une grande fragilité; la transformation de la texture serait due, par suite, à une dissociation des combinaisons définies fournies par le silicium avec le carbone et les gaz occlus, dissociation qui se produirait entre 400° et 450° et amènerait, avec la précipitation du carbone à l'état de graphite spécial, une diffusion des gaz dans les porosités des granulations primaires du métal coulé. Ces vues ont paru confirmées au cours de nos essais par la cassure d'une barre ronde de 40 millimètres qui avait été traitée dans de bonnes conditions et qui présentait au centre un vide entouré de fibres allongées.

Dès l'année 1888, paraît-il, l'acier au silicium a été essayé par le Creusot, et appliqué à la fabrication des tôles de 15 millimètres d'épaisseur pour masques d'affûts. Le métal aurait supporté, sans se rompre, un grand nombre de coups d'un canon-revolver de 3 millimètres, la pointe des obus était enveloppée à l'arrière par les lèvres relevées de la tôle.

L'usine d'Imphy a exécuté des essais analogues sur des tôles minces de 5 et 7 millimètres d'épaisseur, qui présentaient une texture très nerveuse et qui se sont montrées cette fois très résistantes, peu fragiles et très élastiques.

L'usine de Saint-Étienne a également confectionné, en 1893, pour le *Charner*, des tôles en acier durci qui présentaient déjà une teneur en silicium assez élevée et qui avaient la composition suivante :

Carbone	0,68
Manganèse	0,50
Silicium	0,40
Soufre	0,01
Phosphore	0,01

L'ensemble des résultats des essais indiqués plus haut a engagé l'usine d'Imphy à vérifier les propriétés de l'acier à très haute teneur en silicium sur des barres rondes forgées. D'après ce qui nous a été dit, un rond de 40 millimètres, traité dans les mêmes conditions que l'acier pour ressorts de qualité supérieure, aurait donné les mêmes résultats à la traction et aurait présenté une texture très nerveuse qui le rendait très résistant au choc. Imphy a donc proposé l'acier au silicium aux ateliers de construction de Puteaux, qui recherchaient un métal très résistant et très élastique pour la fabrication des essieux des affûts d'un canon à tir rapide sans recul, imaginé par le colonel Deport. Un lot important de barres aurait été par suite livré à Puteaux pour cet emploi spécial et aurait donné, tant aux essais physiques qu'aux essais de tir, des résultats très satisfaisants.

En vue des essais qui nous étaient prescrits, nous avons commandé à Imphy un lingot dont la partie saine à nous livrer devait peser 2.000 kilogrammes.

Coulée du lingot d'acier au silicium fourni à Guérigny. — Le lingot d'acier au silicium, qui nous a été fourni par l'usine d'Imphy a été coulé le 22 mai 1895.

L'opération n'a duré que six heures et a été conduite de la même manière que les opérations ordinaires au four acide. L'affinage a été poussé jusqu'à ce qu'une éprouvette prélevée dans le bain accusât une résistance de 42 kilogrammes environ ; ce point était atteint quatre heures et demie après la première charge. A ce moment, on a jeté sur le bain 15 à 20 kilogrammes de coke en poudre pour arrêter l'affinage, et on a introduit dans le four, après les avoir préalablement chauffés, les 700 kilogrammes de ferro-silicium nécessaires pour donner à l'acier la teneur voulue en silicium ; enfin, avant de couler, on a ajouté, comme d'habitude 25 kilogrammes de ferro-manganèse.

Deux barrettes de 16 millimètres de diamètre et de 200 millimètres entre repères, tirées chacune d'un petit lingot de 2 kilogrammes coulé avec le gros, ont accusé, après laminage et recuit au rouge cerise, une charge à la rupture de 75 kilogrammes avec un allongement de 21 p. 100 et un diamètre à la rupture de 13 millimètres environ.

La composition du métal est donnée ci-après :

	RÉSULTATS TROUVÉS	
	à FOURCHAMBAULT	à GUÉRIGNY
Carbone	0,260	0,430
Silicium	1,516	1,651
Soufre	0.025	0.016
Phosphore	0,021	0,06
Manganèse	0,630	0,815

Forgeage du lingot d'acier au silicium. — Le lingot d'acier au silicium qui nous a été livré était de forme octogonale, et ses dimensions sont données par la *fig.* 9, Pl. VII. Après découpage de la masselotte, il pesait 2.084 kilogrammes.

Le forgeage a commencé le 18 juin 1895. On a d'abord étiré le pied du lingot de manière à l'amener à une section carrée de 280 millimètres de côté, ainsi que l'indique la *fig.* 10. Quatre chaudes au rouge cerise ont été nécessaires pour arriver à ce résultat. La pièce s'est assez bien comportée au cours de ces opérations ; toutefois il s'est produit des pailles, en général peu importantes, mais très nombreuses, dont les plus sérieuses ont été enlevées à la tranche à la fin de chaque chaude.

On s'est ensuite griffé sur la partie étirée du pied pour forger le haut du lingot, qui a été amené en quatre chaudes à une section carrée de 250 millimètres de côté, comme le montre la *fig.* 11. A la troisième chaude, de légères

criqûres ont paru sur l'un des angles du carré et ont été purgées à la tranche ; elles n'ont pas reparu à la quatrième chaude.

Le lingot a été alors retourné, et la partie basse a été étirée de nouveau et amenée en deux chaudes à la forme d'une pièce cylindrique de 200 millimètres de diamètre. Au cours de la deuxième chaude on a aplati l'extrémité de manière à vérifier les propriétés du métal par un essai de mandrinage (*fig.* 12). On a commencé par percer à chaud et au mandrin un trou de 50 millimètres de diamètre ; on a ensuite agrandi ce trou jusqu'à 200 millimètres en passant successivement des mandrins de diamètres croissants. Pendant toutes ces opérations, aucune déchirure ne s'est produite.

La barre ronde obtenue dans le pied une fois détachée, on a voulu continuer le forgeage de la maquette représentée par la *fig.* 13.

On a rencontré à ce moment une grande cavité intérieure, qui formait une solution de continuité bien nette dans le voisinage du milieu. La région présentant cette cavité une fois détachée, on a terminé le forgeage par l'étirage d'un plateau de 250 millimètres d'épaisseur, qui a été laminé en plaque de 40 millimètres d'épaisseur.

M. Werth qui était, au moment de nos expériences, directeur des Forges et Aciéries de Fourchambault et Imphy, considérait la cavité observée au milieu du lingot comme due à une retassure. Il expliquait ce défaut par la nature même de l'acier au silicium dont les gaz se dégagent non au moment de la coulée, mais pendant la solidification du métal. Il estimait qu'on l'éviterait aisément par une masselotte épaisse en terre, qui maintiendrait liquide la partie supérieure du lingot pendant le figeage du métal dans la lingotière en fonte. L'expérience seule pourrait montrer quelle est la valeur de l'explication et du remède qui en découle. On se trouvait peut-être simple-

ment en présence d'une tapure analogue à celles qui se produisent assez fréquemment dans les aciers durs. Toutefois, comme la coulée d'un lingot de 3.500 kilogrammes d'acier à très haute teneur en silicium constitue, à notre connaissance, la première tentative de ce genre, la possibilité d'obtenir d'une manière courante de gros lingots de ce métal parfaitement sains ne nous paraît pas démontrée, et des expériences nouvelles permettraient seules d'élucider ce point.

Quoi qu'il en soit, nous devons constater que la partie saine du lingot s'est travaillée sans difficulté dans des conditions normales, et, la question de la coulée des lingots mise à part, rien ne s'oppose à ce qu'on fabrique en acier au silicium des pièces de forge de même forme que les pièces actuellement fabriquées en acier doux.

Trempe de la barre carrée provenant du haut du lingot. — La barre à section carrée de 250 millimètres de côté provenant de l'étirage du haut du lingot a été trempée au rouge cerise (900°), le 9 septembre 1895, vers deux heures du soir. Cette barre a tapé pendant la trempe en produisant une forte détonation. La tapure dirigée dans le sens de la longueur de la barre était peu ouverte; mais dans la nuit suivante, à trois heures du matin, les deux morceaux G et F se sont séparés avec une nouvelle détonation, et l'un d'eux a été projeté à 50 centimètres de l'autre. La *fig.* 14 montre les deux morceaux après leur décollement ; la *fig.* 15 indique la forme de la tapure. Deux jours après la trempe, le morceau F a tapé dans le sens du travers suivant la ligne AB. Quatre jours après la trempe, le morceau G a tapé également dans le sens du travers suivant la ligne CD. Dix-sept jours après la trempe, le morceau F a tapé de nouveau suivant la ligne EH ; et, dix-huit jours après la trempe, le morceau G a tapé également suivant la ligne KL. Enfin, le 17 octobre 1895,

c'est-à-dire trente-neuf jours après la trempe, le morceau G a tapé une fois encore en MN et en OP.

M. Werth expliquait ces tapures successives par un refroidissement trop prolongé dans l'eau. Peut-être ces phénomènes sont-ils dus également en partie à ce que le bloom avait été pris dans la partie haute du lingot, à un endroit où se prolongeait la retassure. Quoi qu'il en soit, il n'en reste pas moins constant que, pour l'acier au silicium d'Imphy, comme pour les aciers ordinaires au carbone de grande dureté, la trempe d'une pièce épaisse constitue une opération délicate et dangereuse.

La réduction de la section diminue d'ailleurs probablement beaucoup les chances de tapure, car la barre ronde de 200 millimètres de diamètre et la plaque de 40 millimètres d'épaisseur, trempées avec la barre carrée, n'ont donné lieu à aucun incident.

Texture et propriétés mécaniques de l'acier au silicium simplement forgé. — Après simple forgeage, et comme l'avait d'ailleurs fait prévoir M. Werth, l'acier au silicium présente les caractères ordinaires de dureté et de fragilité de l'acier à haute teneur en carbone.

Nous donnons ci-après les résultats des essais de traction et de choc prélevés sur la barre carrée avant tout traitement.

1° ESSAIS DE TRACTION.

SENS des barrettes	CALIBRE	SECTION en millimètres carrés s	CHARGE à la limite d'élasticité		CHARGE à la rupture		ALLONGEMENT p. 100	CALIBRE à la rupture	SECTION de rupture s'	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$	TEXTURE à la rupture
			totale	par millimètre carré	totale	par millimètre carré					
En long	13,8	150	8.500	56,66	11.700	78	14	12,3	118,82	21	grain très fin
En long	13,8	150	6.700	44,76	10.300	68,66	4,7	13,4	141,02	6	grain fin
En travers	13,8	150	6.600	44	8.800	58,66	2,9	13,3	138,93	7	grain fin
En travers	13,8	150	7.000	46,66	11.600	77,33	14,9	12,2	116,90	22	grain très fin

2° ESSAIS AU CHOC DU MOUTON DE 18 KILOGRAMMES TOMBANT DE 2^{m},75 DE HAUTEUR.

Des deux barreaux de choc prélevés dans le sens de la longueur, l'un a cassé au troisième coup de mouton, l'autre avait 13 millimètres de flèche au cinquième coup et a cassé au septième.

Les deux barreaux prélevés dans le sens du travers ont cassé au deuxième coup de mouton.

Le corroyage de 4 subi par la barre carrée était donc insuffisant pour donner au métal l'homogénéité nécessaire.

Une barre ronde de 75 millimètres de diamètre, qui avait été obtenue par l'étirage d'un morceau de la barre tapée et qui avait subi, par suite, un corroyage plus considérable, a donné des résultats un peu plus satisfaisants. Toutes les barrettes et tous les barreaux ont été pris dans le sens de la longueur; mais les uns ont été pris au centre, et les autres à la surface.

1° ESSAIS DE TRACTION.

POSITION des barrettes	CALIBRE	SECTION s	LIMITE d'élasticité	CHARGE à la rupture par mm²	ALLONGEMENT p. 100	CALIBRE à la rupture	SECTION de rupture s'	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$	OBSERVATIONS
Centre ...	13,8	150	55,3	83	15,4	11,85	29,5	26,5	Moyenne de 2 barrettes.
Surface ..	13,8	150	52	81,1	16,3	10,6	41	41	id.

2° ESSAIS AU CHOC DU MOUTON DE 18 KILOGRAMMES TOMBANT DE 2^{m},75 DE HAUTEUR.

DÉSIGNATION des barrettes	FLÈCHES APRÈS LE 5e coup	10e coup	15e coup	OBSERVATIONS
1er barreau du centre.....	12 mm.	20 mm.	»	Cassé au 11e coup.
2e id.	12	20	27 mm.	— 19e coup.
1er barreau de la surface..	»	»	»	— 4e coup.
2e id.	12 mm.	»	»	— 7e coup.

Les essais de choc dénotent une grande fragilité que doivent faire disparaître la trempe et le recuit.

Résultats de la première série d'opérations de trempe et de recuit. — Les premières opérations de trempe et de recuit que nous avons pratiquées sur l'acier au silicium ont été loin de produire les effets attendus. La trempe était faite au rouge cerise, et le recuit au bois flambant.

Les essais mécaniques ont donné les résultats ci-après :

1° ESSAIS DE TRACTION.

DÉSIGNATION des pièces	SENS des barrettes	CALIBRE	SECTION s	CHARGE par mm² à la limite d'élasticité	CHARGE par mm² à la rupture	ALLONGEMENT p. 100	CALIBRE à la rupture	SECTION de rupture s'	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$	OBSERVATIONS
Barre ronde de 200mm de diam.	en long	13,8	150	58,3	88,4	15,3	10,3	83,32	44	moyenne de deux barrettes
	en travers	13,8	150	49,3	76,6	6	13,1	134,78	10	
Plaque de 40 mm. d'épaisseur.	en long	13,8	150	60	90,6	16,8	10,3	82,32	44	
	en travers	13,8	150	62.3	92,7	11	11,3	100,28	33	

2° ESSAIS AU CHOC DU MOUTON DE 18 KILOGRAMMES TOMBANT DE 2m,75 DE HAUTEUR.

DÉSIGNATION des pièces	SENS des barreaux	FLÈCHES EN MILLIMÈTRES APRÈS LE 5e coup	10e coup	15e coup	20e coup	25e coup	OBSERVATIONS
Barre ronde de 200 millimètres de diamètre	en long	11	18	25	»	»	cassé au 19e coup
	en long	11	20	27	»	»	id. 16e id.
	en travers..	»	»	»	»	»	id. 2e id.
	en travers..	12	»	»	»	»	id. 6e id.
Plaque de 40 millimètres d'épaisseur	en long	11	17	»	»	»	id. 14e id.
	en travers..	10	17	22	27	30	id. 29e id.

La trempe et le recuit avaient bien produit une

certaine amélioration du métal; mais on était loin d'avoir atteint la limite élastique prévue, et le métal était encore très fragile. Quant à la texture, elle a été déterminée par rupture après incision sous le marteau-pilon; la barre ronde aussi bien que la plaque ont cassé sans plier, et la cassure présentait un grain très fin avec arrachement. Nous avons cru devoir d'abord attribuer cet insuccès à la grande épaisseur des pièces traitées, et nous avons répété à plusieurs reprises les opérations de trempe et de recuit sur une tôle de 20 millimètres d'épaisseur provenant du laminage d'un fragment de la plaque de 40 millimètres. Il ne nous a pas été possible d'obtenir la texture fibreuse annoncée par l'usine d'Imphy, et le métal a conservé le caractère de fragilité révélé par les premiers essais.

Résultats d'une seconde série d'opérations de trempe et de recuit. — Nous avons signalé à l'usine d'Imphy les résultats insuffisants donnés par nos essais.

A la suite de cette communication et sur la demande de l'usine, nous lui avons envoyé un morceau d'une tôle 20 millimètres, et un fragment d'une barre ronde de 60 millimètres pour les faire traiter, en notre présence, par des ouvriers de l'atelier des ressorts.

Les pièces, chauffées au rouge cerise sur la sole d'un four à réverbère au tirage naturel, ont été trempées dans l'eau froide; on avait soin de les sortir de l'eau avant complet refroidissement pour éviter les tapures. Le recuit a été fait avec des soins tout particuliers. Aussitôt trempée, la pièce était introduite dans le tisard du four sans contact avec le charbon; au cours du réchauffage, l'ouvrier, qui tenait la pièce avec une tenaille, la sortait fréquemment pour la frotter avec un morceau de bois de sapin, puis il la retournait avant de la remettre au feu, afin de bien égaliser la tempé-

rature. Dès que le frottement du bois sur la pièce produisait des étincelles, on arrêtait le chauffage et on laissait refroidir librement à l'air. Ce sont ces précautions spéciales que l'usine d'Imphy avait omis de nous indiquer.

Le fragment de tôle, traité comme il vient d'être dit, a été soumis au choc d'un mouton; il a été plié d'une manière notable avant de se rompre, et la texture présentait des fibres longues et soyeuses. Le morceau de barre de 60 millimètres, au contraire, a cassé presque sans plier, et la section de rupture présentait une texture à grains avec arrachement sans fibres.

Il semblait résulter de cette expérience que la trempe et le recuit ne produisent les effets attendus que sur des pièces de faible section. Cependant, dans le but d'être bien fixé sur les propriétés de l'acier au silicium, nous avons cru devoir entreprendre, à Guérigny, une nouvelle série d'expériences.

Nous avons traité successivement :

1° Deux morceaux de tôle de 10 millimètres, provenant d'un angle dédoublé de la tôle de 20 millimètres, dont un morceau avait été envoyé à Imphy ;

2° Deux tôles de 15 millimètres obtenues par le laminage d'un fragment de la plaque de 40 millimètres déjà essayée ;

3° Deux barres rondes de 40 millimètres de diamètre.

Les deux morceaux de tôle de 10 millimètres ont été chauffés pour le recuit dans un tisard de four; les autres pièces ont été réchauffées très lentement sur deux chevalets placés sous la grille du four qui avait servi à la trempe.

Les essais de traction pratiqués sur ces divers échantillons ont donné les résultats ci-après.

DÉSIGNATION des barrettes	DIAMÈTRE INITIAL	SECTION INITIALE s	LONGUEUR entre repères	CHARGE à la rupture par millimètre carré	ALLONGEMENT p. 100	CALIBRE à la rupture	SECTION de rupture s'	STRICTION $\frac{s-s'}{s} \times 100$	OBSERVATIONS
	mm.		mm.	k.					
Tôle de 10 millimètres...	10	78,5	72	163	3,8	8,9	62,21	20	Rupture à 8 millimètres du repère.
Première tôle de 15 millimètres...	12,9	130,7	100	140	5,4	10,7	89,92	27	Rupture à 13 millimètres du repère.
	12,9	130,7	100	142,7	5,4	10,5	86,59	29	Rupture à 16 millimètres du repère.
Deuxième tôle de 15 millimètres...	13,8	150	100	130,5	7,2	»	»	36	»
Première barre ronde de 40 millimètres de diamètre...	13,8	150	100	125,6	8,9	11,7	107,51	28,3	»
	13,8	150	100	118,3	8,4	11,5	103,86	30,8	Rupture à 25 millimètres du repère.
Deuxième barre ronde de 40 millimètres de diamètre...	13,8	150	100	120	8,5	10,5	103,86	30,8	»

Un barreau de choc, prélevé dans la seconde barre ronde de 40 millimètres, a supporté soixante et un coups du mouton de 18 kilogrammes, tombant de $2^m,75$ de hauteur; la flèche, au moment de la rupture, était de 30 millimètres.

L'ascension rapide de la colonne de mercure n'a pas permis de relever la limite élastique aux essais de traction; mais on a pu constater que cette limite élastique a une valeur très élevée; car la barrette prélevée dans une tôle de 10 millimètres ayant dû être reprise, après s'être échappée des mordaches de la machine, ne présentait aucun allongement permanent, bien qu'elle eût subi une charge de 125 kilogrammes par millimètre carré.

La texture des différents échantillons a été déterminée par des essais de choc.

Un des fragments de tôle, de 10 millimètres d'épaisseur, soumis au choc du mouton de 18 kilogrammes employé pour les essais réglementaires, n'a présenté de déchirure qu'après avoir plié de près de 90°, et les deux

extrémités de la tôle ont pu être amenées au contact sous le pilon sans rupture complète ; la cassure était entièrement à fibres longues et soyeuses. Une bande prélevée dans la première tôle de 15 millimètres a été cassée sous le pilon, elle ne s'est rompue qu'après avoir plié de 32°, et la texture était nerveuse.

Enfin la première barre de 40 millimètres, également rompue sous le pilon, ne s'est cassée qu'après avoir plié de 40° environ, et présentait une texture fibreuse.

L'usinage des diverses éprouvettes essayées n'a présenté aucune difficulté ; malgré son extrême dureté qui ne lui permet pas de se laisser entailler par la tranche à froid, le métal trempé et recuit se coupe très bien avec de l'acier à outils ordinaire, à la condition qu'on évite d'arroser pour ne pas détruire localement l'effet du recuit.

Nous avons complété les expériences précédentes par une série d'essais au mouton analogues à ceux que nous avions fait subir à des plaquettes d'acier-nickel, dans le but d'étudier les qualités du métal au point de vue de son application à la fabrication des blindages. Rappelons, à cet égard, que le mouton pesant 326 kilogrammes, et terminé par une pointe ogivale, tombait de $5^{m},50$ de hauteur. La planche VII montre l'aspect et la forme des plaquettes après l'essai.

Une première plaquette de 19 millimètres d'épaisseur, traitée par l'usine d'Imphy, s'est fendue au premier coup sur presque toute sa longueur ; la pénétration était d'ailleurs très faible et ne dépassait pas 12 millimètres. Le métal avait dû être mal recuit. Un second fragment de la même tôle, qui avait été trempé et recuit à Guérigny, et qui était dédoublé sur une grande partie de sa surface, a reçu un coup de mouton dans la région saine. Le résultat de cet essai a été très remarquable ; la pénétration n'a été que de 11 millimètres, la saillie du mamelon formé à l'arrière a été très faible, et le projectile a

rebondi pour venir former une seconde empreinte dans le voisinage de la première.

Nous avons ensuite fait subir cinq coups de mouton à chacune des deux plaquettes de 15 millimètres qui ont servi aux essais de traction indiqués plus haut.

La plaquette n° 1, recuite au bois de sapin étincelant, ne s'est pas fendue ; mais chacun des coups a presque débouché la plaque, en formant emporte-pièce avec une pénétration moyenne de 18 millimètres. La plaquette n° 2, recuite à la limite extrême du bois étincelant, s'est profondément déchirée, et la pénétration a atteint en moyenne 22 millimètres ; le recuit avait été évidemment poussé trop loin. Sur l'une et l'autre des deux plaquettes, le mouton a rebondi à plusieurs reprises assez haut pour venir former une seconde empreinte dans le voisinage de celle due au choc proprement dit.

L'acier au silicium, convenablement trempé et recuit, a donc subi ces dernières épreuves à peu près dans les mêmes conditions que l'acier-nickel ; il a montré toutefois une élasticité plus grande qui lui permet de faire ressort. même en se déchirant. La faible valeur de la striction explique, comme pour l'acier-nickel, l'infériorité de l'acier au silicium sur l'acier extra-doux au point de vue du tir normal ; mais, au tir oblique, l'acier au silicium, qui, malgré sa grande dureté, jouit d'une absence complète de fragilité due à sa texture fibreuse, présenterait très probablement une grande supériorité.

Ces considérations ne présentent guère, d'ailleurs, au moins pour le moment, qu'un intérêt purement théorique ; les procédés de recuit employés jusqu'à ce jour ne permettraient certainement pas d'obtenir en tous les points d'une plaque de grandes dimensions, et sans la dépasser, la température du bois de sapin étincelant qui produit la transformation moléculaire nécessaire pour donner au métal la qualité voulue.

Conclusion. — Il résulte de nos expériences que l'acier au silicium, convenablement traité, jouit de propriétés mécaniques très intéressantes. Avec une limite élastique très élevée et une charge de rupture qui dépasse 125 kilogrammes, on arrive à obtenir encore un allongement de près de 9 p. 100 ; en outre, le métal est peu fragile, et on peut réaliser, au moins sur des pièces minces, une texture à fibres longues et soyeuses, qui répartit sur une région plus ou moins grande les effets d'un choc local.

Par suite de sa grande élasticité, qui l'a fait adopter d'une manière générale pour la fabrication des ressorts supérieurs, ce métal paraîtrait surtout éminemment propre à la confection des blindages de pont, dont le rôle consiste, en somme, à faire ricocher les projectiles qui les frappent obliquement (*).

Malheureusement les difficultés que paraît offrir la coulée de gros lingots parfaitement sains, les aléas que présente la trempe en raison de la dureté du métal et surtout la presque impossibilité d'opérer, dans de bonnes conditions, sur des pièces de grandes dimensions, le recuit nécessaire pour développer les qualités du métal, ne permettent pas de faire entrer, au moins pour le moment, l'acier au silicium dans le domaine de la pratique. Il ne pourrait guère être employé qu'à la confection de petites pièces telles que tiges de pistons et de tiroirs, bielles de petits moteurs, etc. ; nous pensons même qu'avant de se décider à cette application, pourtant très restreinte, il serait nécessaire de compléter par des essais pratiques les expériences faites jusqu'à ce jour.

(*) Le prix de l'acier au silicium en lingot ne dépasserait pas celui de l'acier ordinaire.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Les aciers au nickel ont déjà reçu dans l'industrie de nombreuses applications pour lesquelles ils ont donné d'excellents résultats et qui paraissent de nature à justifier le développement de leur emploi.

Le métal à 36 p. 100 de nickel, qui a un coefficient de dilatation inférieur au cinquième de celui du platine iridié, qui prend un très beau poli et supporte bien la gravure, est avantageusement employé à la confection des règles étalons et des appareils de précision.

Les aciers à faible teneur en carbone et à teneur en nickel comprise entre 1 et 5 p. 100, avec ou sans chrome, ne sont guère utilisés en France que pour les blindages et les éléments de canon ; mais le métal à 2 ou 3 p. 100 environ de nickel a été appliqué en Amérique à la fabrication de pièces de forge. La valeur élevée que prend, après trempe et recuit, le rapport de la limite élastique à la charge de rupture et l'absence de fragilité rendent ce métal précieux pour le constructeur.

Les aciers à teneur en nickel comprise entre 20 et 25 p. 100 et à 2 ou 3 p. 100 de chrome sont maintenant fabriqués couramment au four Martin, au moins à l'usine d'Imphy, et sont employés sans difficulté à la confection des tôles de 1 à 8 millimètres d'épaisseur convenant à divers emplois. Indépendamment de ses propriétés mécaniques remarquables, le métal dont il s'agit a encore d'autres qualités précieuses ; il n'est pas magnétique à la température ordinaire et présente à l'attaque des divers agents de corrosion une résistance très supérieure à celle de l'acier doux. Il se travaille d'ailleurs bien à chaud et s'usine bien sur le tour et sur la machine à raboter.

Le métal NC4 pourrait être avantageusement appliqué, en vue d'une réduction des échantillons, à la confection

des arbres cylindriques, mèches de gouvernail et autres pièces analogues terminées par des surfaces planes ou de révolution. En comptant pour le métal sur un prix de 1 fr. 50 le kilogramme, à l'état de lingot sans masselotte, on trouve que le prix de revient des pièces telles que les mèches de gouvernail serait à peu près égal à trois fois et demie celui de la pièce identique exécutée en acier doux ; mais, avec les réductions d'échantillons qu'on pourrait faire, le prix de revient diminuerait beaucoup. L'acier NC4 pourrait, en outre, être employé à la confection des tôles des petits bâtiments à grande vitesse; on éviterait ainsi les piqûres dues à l'action de l'eau de mer sur les tôles minces en acier doux qui finissent par se percer à jour.

En dehors de ces aciers au nickel déjà employés d'une manière courante pour des applications spéciales, nous avons vu qu'il y a un acier-nickel encore plus remarquable au point de vue des propriétés mécaniques. C'est le métal N. 12,5 d'Imphy à 12 p. 100 de nickel et 1 p. 100 de chrome. Ce métal se travaille bien à chaud, et, après un recuit au bois flambant, il est également susceptible d'un usinage assez facile. Indépendamment de son emploi dans la fabrication des tôles pareballes à laquelle il paraît très bien convenir, il serait sans doute très avantageusement appliqué à la fabrication de petites pièces de machines demandant une haute limite élastique et une grande raideur sans fragilité.

Si les aciers au nickel et au chrome paraissent ainsi destinés à un grand avenir, l'acier au silicium, au contraire, malgré son prix peu élevé et les propriétés très remarquables qu'on peut lui faire acquérir par la trempe et le recuit, au moins sur des pièces de faible échantillon, ne nous paraît susceptible, pour le moment, d'aucune application pratique.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DES ÉTATS-UNIS EN 1896 (*) ET EN 1897.

	1896		1897	
	Poids	Valeur	Poids	Valeur
1° Métaux.	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
Fonte	8.761.097	474.372.020	9.807.123	480.068.476
Cuivre	217.639	264.197.596	231.421	291.763.785
Plomb	158.479	53.932.311	179.368	61.041.602
Zinc	70.432	31.690.183	91.090	42.848.385
Mercure	1.036	5.723.884	965	5.133.390
Antimoine	556	438.834	680	555.555
Iridium	»	»	»	3.139
Aluminium (en kilogrammes)	589.676^{k}	2.693.600	1.814.400^{k}	7.252.000
Nickel (*idem*)	7.788	23.124	15.280	60.440
Argent (*idem*)	1.819.208	203.294.239	1.756.004	174.855.121
Or (*idem*)	79.576	273.950.563	89.092	306.711.918
Platine (*idem*)	6,2	14.504	6,2	15.540
Total	....	1.310.330.858	....	1.370.309.351
2° Matières minérales.	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
Charbon. Anthracite	42.667.101	449.016.640	47.759.665	444.742.974
Charbon. Houille bitumineuse	122.525.967	587.420.298	133.864.599	624.220.988
Charbon. Cannel coal	49.588	758.823	51.267	793.291
Coke	9.406.770	89.675.243	11.563.673	121.045.613
Asphalte	18.519	1.878.216	24.854	2.530.692
Calcaire asphaltique	4.536	284.900	2.168	59.311
Grès bitumineux	47.134	686.350	37.863	650.375
Gilsonite	1.163	199.223	1.592	272.882
Pétrole brut	7.730.425	340.601.607	7.972.579	232.089.703
Gaz naturel	»	51.800.000	»	51.800.000
Graphite cristallin (en kil.)	183.709^{k}	94.405	450.487^{k}	231.499
Graphite amorphe (en tonn.)	520^{t}	19.943	1.090^{t}	59.052
Minerai de fer	16.256.057	161.620.605	18.610.038	161.299.212
Minerai de zinc (exporté)	2.361	245.573	9.251	1.094.793
Pyrites	111 030	1.515.803	130.523	1.966.841
Minerai de manganèse	1.875	1.756.450	1.730	1.723.386
Minerai de chrome	713	40.275	51	2.849
Minerai d'uranium	»	»	15	46.672
Oxyde de cobalt (en kilogr.)	5.817^{k}	89.687	8.754^{k}	169.956
Litharge (en tonnes)	5.897^{t}	2.798.754	8.981^{t}	4.657.338
Bauxite	17.369	221.393	20.919	213.312
Monazite	8	4.533	18	10.360
Pierre à bâtir	»	158.506.985	»	155.400.000
A reporter	....	1.849.235.706	....	1.805.071.099

(*) Les chiffres de 1896, bien que déjà publiés l'an dernier (*Ann. des Mines*, 2ᵉ vol. de 1897, p. 229-230), sont donnés de nouveau ici, à raison des rectifications apportées à un certain nombre d'entre eux.

	1896		1897	
	Poids	Valeur	Poids	Valeur
	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
Report	....	1.849.235.706	....	1.805.071.099
Pierre à chaux	3.854.882	8.647.684	4.315.651	9.681.332
Ciment naturel hydraulique	1.007.980	22.719.283	1.058.883	21.378.503
Ciment de Portland	286.181	12.962.842	412.405	18.538.386
Ciment de laitier	»	»	6.350	310.800
Silice, sable et quartz	731.925	5.573.877	762.000	5.827.500
Argile	»	336.700.000	»	310.800.000
Ardoises pour toitures	»	11.711.265	»	13.963.104
Ardoises manufacturées	»	2.422.054	»	2.836.801
Phosphate de chaux	952.370	14.566.761	920.577	14.080.483
Gypse	177.405	3.020.644	202.360	3.687.911
Borax brut	12.084	1.379.952	17.599	2.009.840
Soude naturelle	2.722	336.700	5.536	569.800
Soude fabriquée	157.475	18.761.571	277.072	29.912.718
Barytine	19.867	453.768	24.781	565.988
Magnésite	1.875	50.324	1.730	39.513
Amiante	650	65.631	698	79.772
Talc commun	6.439	329.370	8.675	428.878
Talc fibreux	47.007	1.326.494	53.376	1.492.798
Mica	(*) 525	115.074	(*) 2.483	434.255
Feldspath	25.305	643.620	21.234	589.344
Spath-fluor	5.432	248.640	8.187	385.682
Pierres précieuses	»	1.036.000	»	523.180
Laine minérale (**)	5.309	319.161	5.141	235.659
Couleurs minérales	151.836	50.103.970	164.689	61.789.936
Pierre à savon	13.018	743.330	17.213	982.853
Alun	12.782	2.189.586	14.021	2.401.862
Couperose	10.133	272.789	10.818	293.007
Sulfate de cuivre	22.150	10.117.705	23.139	10.569.883
— d'aluminium	38.319	5.470.080	42.053	6.002.972
— d'ammonium	233	53.250	2.822	644.599
— de strontium	»	»	36	1.036
Sel	1.995.017	27.600.335	1.670.592	25.171.506
Soufre	3.861	373.996	1.717	180.337
Acide sulfurique	924.885	89.777.258	1.023.987	111.090.689
Brome	253	741.123	221	706.562
Carbure de calcium	780	248.640	1.746	698.005
Terre à foulon	10.275	354.706	15.467	474.664
Substances abrasives :				
Acier en poudre	296	262.232	294	268.448
Carborundum	539	1.893.870	563	796.746
Corindon	227	181.300	209	166.796
Emeri	1.406	562.030	1.361	543.900
Grenat	2.214	442.372	2.050	409.738
Quartz cristallisé	5.432	85.470	5.432	85.470
Pierre ponce	»	»	1.542	44.030
Tripoli	1.275	24.983	1.479	28.360
Terre à Diatomées	3.211	177.156	2.721	157.472
Pierre meulière	28 396	1.524.671	33.250	1.899.377
Pierres à aiguiser	»	544.941	»	415.540
Total	....	2.486.372.214	....	2.469.267.134

(*) Y compris 8 tonnes environ de mica en feuilles, à 8.112 francs la tonne en 1896, et, pour 1897, 42 tonnes environ à 5.626 francs la tonne.
(**) Produite par les hauts-fourneaux.

Résumé des valeurs.	1896 Valeur en francs	1897 Valeur en francs
1° Métaux	1.310.330.858	1.370.309.351
2° Matières minérales indiquées	2.486.372.214	2.469.267.134
3° Substances diverses non dénommées (estimation)	25.900.000	25.900.000
Total général	3.822.603.072	3.865.476.485

(*Extrait de* The Mineral Industry, *vol. VI.*)

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES, CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 29 *juillet* 1898, *modifiant la nomenclature des établissements insalubres, dangereux ou incommodes.*

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes,

Vu le décret du 15 octobre 1810, l'ordonnance du 14 janvier 1815 et le décret du 25 mars 1852, sur la décentralisation administrative ;

Vu le décret du 3 mai 1886, déterminant la nomenclature et la division en trois classes des établissements insalubres, dangereux ou incommodes (*) ;

Vu les décrets des 5 mai 1888, 15 mars 1890, 26 janvier 1892 13 avril 1894, 6 juillet 1896, 24 juin 1897 et 17 août 1897, qui on modifié cette nomenclature (**) ;

Vu l'avis du comité consultatif des arts et manufactures ;

Le conseil d'État entendu,

Décrète :

Art. 1er. — La nomenclature des établissements insalubres, dangereux ou incommodes, contenue dans les tableaux annexés aux décrets des 3 mai 1886 et 5 mai 1888, 15 mars 1890, 26 janvier 1892, 13 avril 1894, 6 juillet 1896, 24 juin 1897 et 17 août 1897, est modifiée conformément au tableau annexé au présent décret.

Art. 2. — Le ministre du commerce, de l'industrie, des postes

---

(*) Volume de 1886, p. 163.

(**) Volumes de 1888, p. 205 ; de 1890, p. 139 ; de 1892, p. 12 ; de 1894, p. 557 ; de 1897, p. 335, 336 et 382.

et des télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait au Havre, le 29 juillet 1898.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre de l'agriculture,
chargé de l'intérim du ministère du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,
VIGER.

ARTICLE A SUPPRIMER DANS LA NOMENCLATURE DU DÉCRET DU 3 MAI 1886.

DÉSIGNATION de L'INDUSTRIE	INCONVÉNIENTS	CLASSE
Chantiers de bois à brûler dans les villes...	Émanations nuisibles. Dangers d'incendie.	3e

Vu pour être annexé au décret en date du 29 juillet 1898.
Le Ministre de l'agriculture,
chargé de l'intérim du ministère du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,
VIGER.

Décret du Président de la République, du 31 juillet 1898, modifiant l'article 61 du cahier des charges-type pour la concession des chemins de fer d'intérêt local (*).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — Les alinéas 1, 2 et 6 de l'article 61 du cahier des charges-type pour la concession des chemins de fer d'intérêt local, approuvé par le décret du 6 août 1881 (**), sont complétés comme il suit :

(*) Voir ci-après le décret du 3 août 1898, portant modifications au décret du 6 août 1881.
(**) Volume de 1881, p. 318.

§ 1er. — Le concessionnaire sera tenu de s'entendre avec tout propriétaire de « carrières », de mines ou d'usines, avec « tout propriétaire ou concessionnaire de magasins généraux et avec tout concessionnaire de l'outillage des ports maritimes ou de navigation intérieure », qui, offrant de se soumettre aux conditions prescrites ci-après, demanderaient un embranchement; à défaut d'accord, le préfet statuera sur la demande, le concessionnaire entendu.

§ 2. — Les embranchements seront construits aux frais des propriétaires de « carrières », de mines et d'usines, « des propriétaires ou concessionnaires de magasins généraux ou des concessionnaires de l'outillage des ports maritimes ou de navigation intérieure » et de manière qu'il ne résulte de leur établissement aucune entrave à la circulation générale, aucune cause d'avarie pour le matériel, ni aucuns frais particuliers pour la compagnie.

§ 6. — Le concessionnaire sera tenu d'envoyer ses wagons sur tous les embranchements autorisés destinés à faire communiquer des établissements de « carrières », de mines ou d'usines, « de magasins généraux ou d'outillage des ports maritimes ou de navigation intérieure » avec la ligne principale du chemin de fer.

Art. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

CHEMINS DE FER. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — EXÉCUTION DU RÈGLEMENT DU 12 NOVEMBRE 1897.

Instruction ministérielle, du 16 juillet 1898, concernant la surveillance des expéditions d'explosifs, munitions et matières assimilées.

I. — Objet de l'instruction.

La présente Instruction a pour but de fixer, conformément à l'article 147 du règlement du 12 novembre 1897 (*), les moyens d'exécution des règles prévues par les articles 144, 145 et 146, pour la surveillance à exercer sur les expéditions d'explosifs dans les gares de départ et d'arrivée, et exceptionnellement pendant le trajet sur la voie ferrée.

Elle comprend, en outre, bien que la question n'ait qu'un rapport indirect avec l'application du règlement, diverses dispositions concertées avec MM. les ministres de la guerre et des finances au sujet des escortes militaires qui doivent accompagner les convois d'explosifs depuis les établissements de l'État jusqu'aux gares, ou réciproquement.

Mais, jusqu'à nouvel ordre, les chemins de fer n'auront pas à se préoccuper de l'organisation des escortes civiles destinées à accompagner, en dehors de l'enceinte de la voie ferrée, les explosifs en provenance ou à destination d'établissements privés.

II. — Matières visées par l'instruction.

Les matières auxquelles s'applique cette instruction sont :

1° La dynamite, quel que soit le poids de l'expédition ;

2° Lorsque le poids brut de l'expédition atteint ou dépasse

(*) Volume de 1897, p. 439.

250 kilogrammes, tous les autres explosifs dénommés à l'article 3, § A, du règlement, et les munitions et matières assimilées désignées au paragraphe B du même article.

III. — Escortes.

Les expéditions en provenance d'un établissement de l'État sont escortées de cet établissement à la gare de départ par un gendarme, chef d'escorte nécessaire pour dresser procès-verbal, et un ou deux hommes de troupe. Accidentellement, elles peuvent n'être escortées que par un gendarme.

Les expéditions à destination d'un établissement de l'État sont escortées de la même façon de la gare d'arrivée à cet établissement.

IV. — Gardes.

Transport en provenance ou à destination de l'État. — Dans la gare de départ, les expéditions en provenance d'un établissement de l'État sont gardées, jusqu'à la mise en route du train, par l'escorte qui les a amenées au chemin de fer.

Dans la gare d'arrivée, les expéditions à destination d'un établissement de l'État, quand elles ne sont pas enlevées dans un délai de trois heures compté de l'arrêt du train, sont gardées par un ou deux soldats, la gendarmerie ne pouvant être requise que pour cause d'extrême urgence ou d'éloignement d'une ville de garnison.

Si cependant le séjour en gare se prolonge après ce délai par la faute du chemin de fer ou de son correspondant, lorsque celui-ci doit effectuer l'enlèvement de la marchandise, il incombe nécessairement au chemin de fer de faire garder le chargement par un agent.

De même, si la garde militaire ne peut être constituée dans la localité où se trouve la gare et qu'il faille l'attendre un certain temps, le chemin de fer doit faire surveiller provisoirement le convoi par un agent.

Transports en provenance ou à destination de l'industrie privée. — Quand une expédition en provenance d'un établissement privé arrive escortée à la gare de départ, l'escorte est tenue de la garder jusqu'à la mise en route du train. Dans le cas contraire, elle est gardée par un agent du chemin de fer.

La garde est également assurée, dans les gares d'arrivée, par un

agent du chemin de fer pour les expéditions à destination d'un établissement privé, si elles ne sont pas enlevées dans un délai de trois heures à compter de l'arrêt du train.

V. — Récapitulation des règles précédentes.

Le tableau ci-après résume les conditions déterminées aux articles II, III et IV.

SENS DES EXPÉDITIONS	NATURE DES MARCHANDISES	DÉPART		ARRIVÉE	
		ESCORTE	GARDE	GARDE	ESCORTE
De l'État à l'État...	Dynamite, quel que soit le poids ; autres explosifs, munitions et matières assimilées à partir de 250 kilogrammes.	Militaire.....	Militaire.......	Militaire (*)....	Militaire.
De l'État aux particuliers..........	*Idem.*	*Idem.*	*Idem.*	Agents du chemin de fer.	(Les chemins de fer n'ont pas, jusqu'à nouvel ordre, à se préoccuper de l'organisation de cette escorte.)
Des particuliers à l'État...........	*Idem.*	(Les chemins de fer n'ont pas, jusqu'à nouvel ordre, à se préoccuper de l'organisation de cette escorte.)	Agents du chemin de fer, à défaut d'escorte civile.	Militaire (*)....	Militaire.
Des particuliers aux particuliers......	*Idem.*	*Idem.*	*Idem.*	Agents du chemin de fer.	(Les chemins de fer n'ont pas, jusqu'à nouvel ordre, à se préoccuper de l'organisation de cette escorte.)

(*) Sauf les cas prévus aux alinéas 3 et 4 de l'article IV.

VI. — Réquisitions des escortes et des gardes militaires.

1° *Mouvement entre un établissement de l'État et la gare de départ.* — La réquisition d'escorte militaire au départ émane de l'agent expéditeur du département de la guerre ou des finances.

Si le transport est à destination de l'État, cette réquisition, devant servir également à l'arrivée, est remise à la gare de départ par le chef de l'escorte, pour être épinglée à la lettre de voiture administrative ou à l'acquit à caution.

Quand l'apport à la gare doit être effectué par le correspondant du chemin de fer, le préposé (*) avise l'agent expéditeur de l'heure à laquelle l'enlèvement sera opéré, afin que celui-ci puisse requérir et obtenir l'escorte pour la même heure.

2° *Mouvement entre la gare d'arrivée et un établissement de l'État.* — La garde militaire à l'arrivée est simplement demandée par le préposé au commandant d'armes dans les villes de garnison, à la gendarmerie s'il n'y a pas de garnison, et au maire dans les localités où il n'y a pas de gendarmerie.

Dans ce dernier cas, il appartient au maire d'adresser une réquisition au commandant de la brigade la plus voisine.

Pour l'escorte, deux cas sont à distinguer :

a) Enlèvement de la marchandise par les moyens du destinataire. — Le chemin de fer joint à la lettre d'arrivage qui doit, autant que possible, être remise au destinataire par exprès, la réquisition établie à l'avance par l'expéditeur quand celui-ci est un établissement de l'État, ou, à défaut, c'est-à-dire pour les envois des particuliers à l'État, une réquisition établie par le maire sur la demande du préposé.

b) Enlèvement par le correspondant du chemin de fer. — Dans ce cas, le préposé fait remettre l'une ou l'autre des réquisitions à la gendarmerie par le correspondant du chemin de fer, qui indique l'heure à laquelle il effectuera l'enlèvement.

Si cependant la brigade requise ne stationne pas dans la localité, c'est au maire qu'il appartient de lui adresser directement sa propre réquisition ou de lui transmettre la réquisition

---

(*) Il s'agit ici du préposé tel qu'il est défini par l'article 8 du traité du 15 juillet 1891 pour les transports de la guerre, c'est-à-dire du chef de station.

préalable. Le correspondant du chemin de fer s'entend alors avec le maire pour être avisé de l'heure à laquelle l'escorte pourra être rendue en gare.

VII. — Règlement des frais d'escorte et de garde.

Le chemin de fer n'a jamais à intervenir dans le règlement des frais d'escorte et de garde militaires.

Il n'a pas davantage à régler les frais des escortes civiles, qui peuvent être constituées par les soins des expéditeurs ; mais ces frais peuvent être compris dans le débours suivi sur l'expédition.

Dans les cas spécifiés à l'article IV ci-dessus où le chemin de fer doit faire garder lui-même le convoi par un agent, il a droit à une rémunération évaluée à raison de 0 fr. 50 par heure indivisible, sauf quand c'est par sa faute ou celle de son correspondant que l'enlèvement n'a pu être effectué dans le délai de trois heures. Cette rémunération est à la charge du destinataire et le montant en est encaissé au moment de la remise du titre de transport, que l'expédition soit en port dû ou en port payé.

VIII. — Parcours sur la voie ferrée.

Le parcours sur la voie ferrée s'effectue sans escorte, sauf dans les cas exceptionnels où l'autorité militaire use de la faculté qui lui est attribuée par l'article 145 du règlement.

En dehors de ces cas, la surveillance des expéditions, en cours de route et dans les gares de bifurcation, comme aussi dans les gares d'arrivée pendant le délai de trois heures après l'arrêt du train, est exercée exclusivement par les agents du chemin de fer, sans rémunération spéciale.

L'escorte militaire prévue par ledit article 145 est transportée conformément aux stipulations du traité des transport du ministère de la guerre.

Paris, le 16 juillet 1898.

Le Ministre des travaux publics,
L. Tillaye.

CHEMINS DE FER. — SERVICE DES CHEFS DE GARE ET DES MÉCANICIENS ET CHAUFFEURS. — AFFICHAGE DES DÉROGATIONS.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 25 juillet 1898.

Messieurs, une circulaire ministérielle du 11 octobre dernier (*), abrogeant une disposition de la circulaire du 30 juillet 1896 (**), a dispensé les compagnies et administrations de chemins de fer d'afficher, dans les dépôts et dans les bureaux des agents des gares, les extraits des comptes rendus mensuels des dérogations aux règles fixant la durée du travail et du repos minimum des chefs de station et des mécaniciens et chauffeurs.

J'ai l'honneur de vous informer qu'après nouvel examen j'ai reconnu que cette dispense pouvait avoir pour conséquence d'entretenir une certaine méfiance dans l'esprit du personnel, naturellement enclin à s'exagérer le nombre et l'importance de dérogations qu'il n'est pas à même de vérifier. J'ai, dès lors, décidé qu'il y avait lieu de revenir à l'affichage prescrit par le 7° de la circulaire précitée du 30 juillet 1896 et de supprimer la disposition contraire contenue dans celle du 11 octobre 1897.

Veuillez, je vous prie, m'accuser réception de la présente communication.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
L. TILLAYE.

(*) Volume de 1897, p. 427.
(**) Volume de 1896, p. 423.

NAVIGATION MARITIME A VAPEUR. — COMMISSIONS DE SURVEILLANCE.

A M. , Ingénieur en chef des ponts et chaussées, président d commission de surveillance d

Paris, le 26 juillet 1898.

Monsieur l'Ingénieur en chef, l'article 35 du décret du 1er février 1893 (*) stipule que, dans chaque port fréquenté par des bateaux à vapeur, le ministre des travaux publics institue une commission de surveillance, dont la présidence est confiée à l'ingénieur en chef du port, et dont les membres sont choisis parmi différentes catégories de fonctionnaires, au nombre desquels figurent les commissaires de l'inscription maritime.

Ces dispositions n'ont pas été appliquées littéralement: certains ports, peu fréquentés par les bateaux à vapeur, ont été placés dans le ressort d'une commission, instituée dans un port plus important, situé à proximité. Dans ce cas, c'est le commissaire de l'inscription maritime du port où se trouve le siège de la commission qui en a été nommé membre; ceux de ces fonctionnaires ayant dans leur circonscription les ports non dotés de commissions de surveillance n'y ont pas été compris.

Cette pratique ne laisse pas que de présenter des inconvénients. Ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le faire remarquer, les commissaires de l'inscription maritime sont, par la nature même de leurs fonctions, de précieux auxiliaires pour les commissions de surveillance dont ils font partie et auxquelles ils peuvent prêter un appui très efficace en vue de l'observation des prescriptions du décret du 1er février 1893. Dans la situation actuelle, leur action est forcément limitée, car leur compétence est strictement locale, et ils n'ont pas qualité pour faire acte de juridiction sur le territoire d'un quartier voisin.

Il importerait donc que tous les commissaires des quartiers où se trouvent des ports fréquentés par les bateaux à vapeur, et qui sont situés dans le ressort d'une commission de surveillance fissent partie de cette commission, étant bien entendu qu'ils ne seraient pas appelés à siéger, lorsque la commission aurait à con-

(*) Volume de 1893, p. 21.

naître d'affaires intéressant un port situé en dehors de leur quartier.

Je vous prie de vouloir bien me fournir, en ce qui concerne les commissions placées sous votre présidence, les renseignements de nature à me permettre de réaliser cette réforme. Je désire avoir ces renseignements dans un délai aussi court que possible.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le conseiller d'État,

Directeur des routes, de la navigation et des mines,

QUINETTE DE ROCHEMONT.

CHEMINS DE FER. — INSTALLATION DES CLOCHES ÉLECTRIQUES SUR LES LIGNES A VOIE UNIQUE.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 27 juillet 1898.

Messieurs, une circulaire ministérielle du 12 janvier 1882 (*), complétant celle du 13 septembre 1880 (**), a prescrit aux compagnies de chemins de fer de munir progressivement de cloches électriques toutes les lignes à voie unique, quel que soit leur trafic, à l'exception des lignes où le service est fait en navette à l'aide d'une seule locomotive. Mais, par la suite, des tempéraments ont été apportés à cette règle générale. C'est ainsi que, sur l'avis du comité de l'exploitation technique, une compagnie a été autorisée à maintenir le mode d'exploitation par le « bâton-pilote » sur les lignes ne comportant pas de trains directs et n'ayant pas plus de six trains dans chaque sens. En outre, dans un certain nombre de cas particuliers, l'Administration a consenti à ajourner la pose des cloches, à raison du peu

(*) Volume de 1882, p. 24.
(**) Volume de 1880, p. 372.

d'importance de la circulation sur les lignes considérées et des dépenses occasionnées par l'installation de ces appareils.

D'autre part, les conditions d'exploitation des lignes secondaires ont été profondément modifiées depuis la circulaire de 1882. On a reconnu qu'il n'était pas nécessaire d'appliquer, sur ces lignes, les mêmes règles, et la même formule d'exploitation que sur les lignes à grand trafic. On a pu ainsi simplifier les mesures de sécurité et réduire les dépenses, tout en donnant à la circulation des trains les garanties indispensables.

En ce qui concerne spécialement les cloches, il est certain que l'emploi de ces appareils ne répond pas à un besoin réel, quand l'organisation du service est telle que l'on n'a pas à redouter de collision. C'est le cas des lignes où les mesures de sécurité prescrites par les règlements sont complétées par l'emploi du « bâton-pilote ». Ce système est en effet suffisant lorsque les trains réguliers ou facultatifs de même sens sont assez espacés pour que toute confusion soit impossible, c'est-à-dire s'ils se succèdent à deux heures au moins d'intervalle, et lorsque ces trains s'arrêtent à toutes les stations où peuvent avoir lieu des croisements normaux ou éventuels. Exception doit être faite cependant pour l'intervalle compris entre chaque gare de bifurcation et la station voisine, si le nombre des trains parcourant cette section dépasse dix dans chaque sens.

J'ai, en conséquence, décidé, sur l'avis du comité de l'exploitation technique, qu'il y avait lieu d'apporter à la circulaire de 1882 les modifications suivantes :

a) L'installation des cloches électriques ne sera pas obligatoire sur les lignes où ne circulera aucun train direct ou express :

1° Lorsque les règlements de la compagnie, approuvés par l'administration supérieure, prescriront l'emploi du « bâton-pilote » ;

2° Quand l'intervalle entre les trains réguliers ou facultatifs de même sens, prévus au livret de marche, ne sera pas inférieur à deux heures. Des cloches électriques devront néanmoins être installées, dans ce dernier cas, entre chaque gare de bifurcation et la station la plus voisine, sur chacune des branches à voie unique qui s'en détachent, si le nombre des trains partant de la bifurcation où la traversant n'est pas inférieur à dix dans chaque sens.

L'administration se réserve, dans ces deux cas, de prescrire l'établissement des cloches sur des lignes où, pour un motif quelconque, la sécurité ne lui paraîtrait pas suffisamment assurée.

b) L'emploi de cloches pourra, dans tous les cas, être remplacé par celui du block-system à signaux visuels, solidaires des appareils de correspondance, ou par tout autre système qui sera reconnu, par l'administration, présenter des garanties équivalentes de sécurité.

Veuillez m'accuser réception de la présente circulaire.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
L. TILLAYE.

JURISPRUDENCE.

CONSEIL D'ÉTAT.

DROITS D'ÉPREUVE D'APPAREILS A VAPEUR. — CHAUDIÈRES DÉPENDANT D'UN ÉTABLISSEMENT DE L'ÉTAT. — NON-TAXATION.

Décision au contentieux du 12 *novembre* 1897.

Vu le recours formé par le ministre de la guerre, enregistré au secrétariat du contentieux du conseil d'État, le 11 avril 1894, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté du 2 février 1894, par lequel le conseil de préfecture du département du Rhône a maintenu la direction de l'artillerie de Lyon aux droits auxquels elle avait été imposée sur les rôles de la ville de Lyon, en 1893, en raison de deux épreuves de chaudières dépendant de cette direction ;

Ce faisant, attendu que les chaudières de l'État doivent échapper à la taxe des épreuves, comme ses immeubles à l'impôt foncier; que, si cette taxe est la rémunération des épreuve faites par les ingénieurs de l'État, elle ne peut être perçue en ce qui concerne les appareils à vapeur dépendant du ministère de la guerre, vu que lesdits Ingénieurs ne sauraient toucher de rémunération spéciale pour un service rendu à l'État; que, d'ailleurs, la surveillance de ces appareils est confiée exclusivement aux officiers et que, par suite, lesdits appareils doivent être aussi exempts de la taxe que ceux qui appartiennent aux chemins de fer;

Accorder la décharge des droits d'épreuve ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu la réclamation présentée devant le conseil de préfecture;

Vu les avis des ingénieurs des mines et des agents de l'administration des contributions directes ;

Vu le rapport du directeur des contributions directes;

Vu les observations présentées par le ministre des finances en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi ; lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 16 décembre 1895, et tendant à ce que l'arrêté attaqué soit annulé et à ce que la décharge demandée soit accordée ;

Vu les observations produites au nom du ministre de la guerre, le 27 décembre 1895, et tendant aux mêmes fins que le recours;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier;

Vu la loi du 18 juillet 1892;

Vu le décret du 30 avril 1880;

Vu la loi du 22 juillet 1889 ;

Ouï M. Worms, auditeur, en son rapport ;

Ouï Me Nivard, avocat du ministre de la guerre, en ses observations;

Ouï M. Arrivière, maître des requêtes, commissaire du gouvernement, en ses conclusions ;

En la forme :

Considérant que l'arrêté du conseil de préfecture du département du Rhône, du 2 février 1894, ne mentionne pas les noms des membres qui ont concouru à la décision, contrairement aux dispositions de l'article 48 de la loi du 22 juillet 1889; qu'il doit donc être annulé pour vice de forme;

Mais considérant que l'état de l'instruction permet de statuer au fond;

Au fond :

Considérant qu'il résulte du décret du 30 avril 1880 que les chaudières dépendant de la direction de l'artillerie de Lyon ne sont pas au nombre des appareils à vapeur pour lesquels des épreuves exigées par les règlements doivent donner lieu à la perception de la taxe établie par l'article 6 de la loi du 18 juillet 1892; que c'est donc à tort que ladite direction a été imposée à cette taxe, en raison des épreuves de ces chaudières sur les rôles de la ville de Lyon en 1893; qu'il y a lieu, dès lors, d'accorder décharge de cette taxe;

Décide :

Art. 1er. — L'arrêté du conseil de préfecture du département du Rhône, en date du 2 février 1894, est annulé.

Art. 2. — Il est accordé au ministre de la guerre décharge de la taxe à laquelle la direction de l'artillerie de Lyon a été imposée sur les rôles de la Ville de Lyon en 1893, en raison de deux épreuves de chaudières.

Art. 3. — Expédition de la présente décision sera transmise au ministre des finances.

CARRIÈRE ABANDONNÉE. — MESURES IMPOSÉES PAR APPLICATION DES ARTICLES 23 ET 27 DU RÈGLEMENT-TYPE.

Décision au contentieux du 1er *juillet* 1898.

(EXTRAIT.)

Vu la requête présentée pour le sr Brincard, demeurant à Paris, 92, boulevard Malesherbes, propriétaire d'une carrière abandonnée à Ozouer-le-Voulgis (Seine-et-Marne), ladite requête enregistrée au secrétariat du contentieux du conseil d'État, le 13 mars 1895, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler une décision, en date du 21 février 1895 par laquelle le ministre des travaux publics, saisi d'un recours du sr Brincard contre un arrêté du préfet de Seine-et-Marne, en date du 13 décembre 1893, a refusé d'annuler cet arrêté, en tant qu'il mettait à la charge du sr Brincard l'obligation de faire cesser le danger résultant pour la sécurité publique de l'éboulement du mur qui séparait la carrière dont il est propriétaire du chemin rural dit de la ruelle des Grès, mais a modifié cet arrêté en tant qu'il laissait au sr Brincard le choix d'exécuter cette obligation soit en faisant reconstruire le mur, soit en faisant remblayer l'excavation qui s'était produite, et lui a enjoint d'exécuter ce dernier travail à l'exclusion de tout autre;

Ce faire : attendu, d'une part, qu'il ne rentrait pas dans les attributions du ministre des travaux publics de prescrire limitativement les conditions dans lesquelles le sr Brincard devait procéder à l'exécution de l'obligation qui lui était imposée; que, d'autre part, le mur dont s'agit ayant été à l'origine construit par les soins et aux frais de la commune d'Ozouer-le-Voulgis, c'était à celle-ci et non au sr Brincard qu'il incombait soit de faire reconstruire le mur, soit de remblayer l'excavation qui s'était produite;

Vu la décision attaquée;

Vu les observations présentées par le ministre des travaux

publics, en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 7 décembre 1895, et tendant au rejet de la requête du s[r] Brincard par les motifs qu'en modifiant, par voie d'annulation partielle de ses dispositions, l'arrêté préfectoral qui lui était déféré par le s[r] Brincard, le ministre n'a fait qu'user des pouvoirs à lui conférés par l'article 6 du décret du 25 mars 1852 ; que, d'après les articles 23 et 27 du décret réglementaire du 12 février 1892, l'administration peut prescrire telles mesures qu'elle juge convenables pour faire cesser les dangers que peuvent présenter pour la sécurité publique les carrières abandonnées et que les travaux prescrits sont à la charge du propriétaire de la carrière, à qui il appartient seulement, dans le cas où l'obligation d'exécuter ces travaux devrait en définitive rester à la charge d'un tiers, d'exercer un recours contre ce tiers;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier;

Vu la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880;

Vu le décret du 12 février 1892, portant règlement pour l'exploitation des carrières du département de Seine-et-Marne ;

Vu le décret du 25 mars 1852, notamment l'article 6;

Vu les lois des 7-14 octobre 1790 et 24 juillet 1872;

Ouï M. Grunebaum, auditeur, en son rapport;

Ouï M[e] Gauthier, avocat du s[r] Brincard, en ses observations;

Ouï M. Jagerschmidt, maître des requêtes, commissaire du gouvernement, en ses conclusions;

Considérant que des articles 23 et 27 du décret susvisé du 12 février 1892, il résulte que le préfet peut, dans le cas où l'existence d'une carrière abandonnée compromettrait la sécurité publique, prescrire telles mesures qu'il juge convenables pour faire cesser le danger et que les travaux ordonnés sont à la charge du propriétaire de la carrière, sauf son recours contre qui de droit; qu'il résulte de l'instruction que, par suite de l'éboulement d'un mur séparant une carrière abandonnée, dont le s[r] Brincard est propriétaire, d'un des chemins ruraux de la commune d'Ozouer-le-Voulgis, cette carrière présentait un danger pour la sécurité publique ; qu'ainsi le s[r] Brincard n'est pas fondé à se plaindre que l'exécution des travaux nécessaires pour faire cesser le danger ait été mise et maintenue à sa charge ; qu'il lui appartient, d'ailleurs, d'exercer, s'il s'y croit fondé, tel recours que de droit contre la commune d'Ozouer;

Mais considérant que, d'après l'article 6 du décret susvisé du 25 mars 1852, les ministres ne peuvent annuler ou réformer les

actes des préfets que s'ils sont contraires aux lois et règlements ou ont donné lieu aux réclamations des parties intéressées ;

Considérant que les dispositions de l'arrêté du préfet ne renfermaient rien de contraire aux lois et règlements; et que, sur la réclamation du s^r Brincard, le ministre ne pouvait, sans excès de pouvoir, priver le requérant de l'option qui lui avait été accordée par l'arrêté dont s'agit :

Décide :

Art. 1er. — La décision susvisée du ministre des travaux publics, en date du 21 février 1895, est annulée en tant qu'elle a modifié les dispositions d'un arrêté du préfet de Seine-et-Marne, en date du 13 décembre 1893.

Art. 2. — Le surplus des conclusions de la requête du s^r Brincard est rejeté.

Art. 3. — Expédition de la présente décision sera transmise au ministre des travaux publics.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

DÉCORATIONS.

Décret du 25 juillet 1898. — Sont promus ou nommés dans l'Ordre national de la Légion d'Honneur, savoir:

Au grade d'Officier :

M. **Vicaire**, Inspecteur général de 2e classe;

Au grade de Chevalier :

M. **Humbert**, Ingénieur en Chef de 2e classe.

SERVICE DÉTACHÉ.

Arrêté du 20 juillet 1898. — M. **Pourcel**, Ingénieur ordinaire de 3e classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Rouen et du 2e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest, est mis à la disposition de l'Administration des chemins de fer de l'État.

Il sera considéré comme étant en service détaché.

CONGÉ.

Arrêté du 13 juillet 1898. — Est rapporté l'arrêté du 19 février 1898, par lequel M. **Rateau**, Ingénieur ordinaire de 1re classe, Professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, a été chargé, à dater du 16 août 1898, du sous-arrondissement minéralogique de Lyon et du 3e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation echnique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Un congé d'un an sans traitement est accordé, pour affaires personnelles, à M. **Rateau**.

CONGÉ ILLIMITÉ.

Arrêté du 13 *juillet* 1898. — M. **Verlant**, Ingénieur ordinaire de 2ᵉ classe chargé, à la résidence d'Arras, du sous-arrondissement minéralogique de Béthune, est mis, sur sa demande, en congé illimité et autorisé à entrer au service de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en qualité d'Ingénieur attaché au service central de l'exploitation.

DÉCISIONS DIVERSES.

Arrêté du 13 *juillet* 1898. — M. **Prost**, Ingénieur ordinaire de 2ᵉ classe, détaché au service des Travaux publics de la Régence de Tunis et remis à la disposition du Ministère des Travaux publics, est chargé, à la résidence d'Arras, du sous-arrondissement minéralogique de Béthune, en remplacement de M. **Verlant**.

Arrêté du 13 *juillet*. — M. **Lebreton**, Ingénieur ordinaire de 1ʳᵉ classe, Professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, est chargé du sous-arrondissement minéralogique de Lyon et du 3ᵉ arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en remplacement de M. **Laurans**, précédemment chargé des fonctions d'Ingénieur en Chef.

Arrêté du 13 *juillet*. — M. **Jouguet**, Ingénieur ordinaire de 3ᵉ classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand et du 4ᵉ arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, est nommé Professeur des cours de Mécanique appliquée et d'Électricité à l'École des mines de Saint-Étienne, en remplacement de M. **Rateau**, mis en congé.

Arrêté du 13 *juillet*. — M. **Bès-de-Berc**, Ingénieur ordinaire de 3ᵉ classe, attaché au Secrétariat du Conseil Général des Mines, est nommé Professeur du cours d'exploitation des mines et de préparation mécanique à l'École des mines de Saint-Étienne, en remplacement de M. **Lebreton**.

Arrêté du 16 *juillet*. — M. **Walckenaer**, Ingénieur en Chef de 2ᵉ classe à Paris, est nommé Professeur du cours de machines à

vapeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées, en remplacement de M. **Hirsch**, admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 30 *juillet*. — M. **Primat**, Ingénieur ordinaire de 2e classe chargé, à la résidence de Grenoble, du 5e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, est chargé, en outre, provisoirement du Contrôle de la voie et des bâtiments du chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure.

II. — Contrôleurs des mines.

Décret du 25 *juillet* 1898. — M. **Soyez** (Victorin), Contrôleur principal, est nommé Chevalier de l'Ordre national de la Légion d'Honneur.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Décision du 18 *juillet* 1898. — Le service du contrôle de l'exploitation des sections de ligne d'Ossès à Saint-Étienne-de-Baïgorry, de Belvèze à Limoux et de Céret à Arles-sur-Tech (réseau du Midi) est rattaché, savoir :

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments:

a) Section d'Ossés à Saint-Étienne-de-Baïgorry : au 1er arrondissement d'Ingénieur ordinaire;

b) Section de Belvèze à Limoux : au 2e arrondissement d'Ingénieur ordinaire;

c) Section de Céret à Arles-sur-Tech : au 3e arrondissement d'Ingénieur ordinaire.

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique:

a) Section d'Ossès à Saint-Étienne-de-Baïgorry : au 1er arrondissement d'Ingénieur ordinaire ;

b) Section de Belvèze à Limoux : au 2e arrondissement d'Ingénieur ordinaire ;

c) Section de Céret à Arles-sur-Tech : au 3e arrondissement d'Ingénieur ordinaire.

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale:

a) Section d'Ossès à Saint-Étienne-de-Baïgorry: à la 1re circonscription d'Inspecteur particulier, à Bordeaux;

b) Sections de Belvèze à Limoux et de Céret à Arles-sur-Tech : à la 3e circonscription d'Inspecteur particulier, à Béziers;

4° Pour la surveillance administrative :

a) Section d'Ossès à Saint-Étienne-de-Baïgorry : au commissariat de Bayonne;

b) Section de Belvèze à Limoux : au commissariat de Carcassonne;

c) Section de Céret à Arles-sur-Tech : au commissariat de Cerbère.

Décision du 19 *juillet.* — Le service du contrôle de l'exploitation de la ligne de Cluses au Fayet, réseau de Paris-Lyon-Méditerranée, est rattaché, savoir:

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments:

Au 5e arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Grenoble ;

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique:

Au 5e arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Grenoble;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale:

A la 3e circonscription d'Inspecteur particulier, à Lyon;

4° Pour la surveillance administrative:

Au commissariat d'Annecy.

---

g. 4. 13e Chaude

Coupe

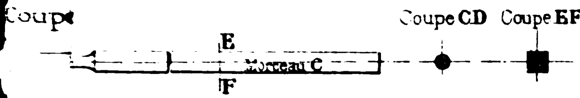
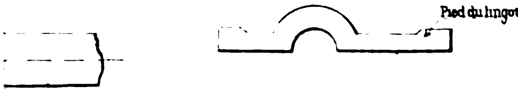


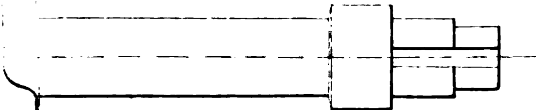
Fig. 8. 23e Chaude



le

Chau

Fig. 12. Mèche de gouvernail

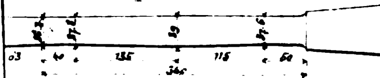


ig. 14 à 18.

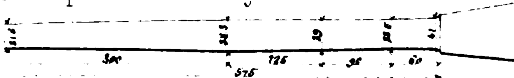
sais de traction à la presse hydraulique

Echelle 1/10

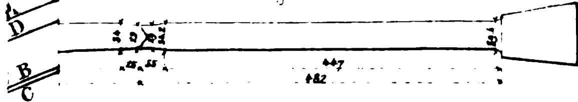
acier nickel simplement forgée



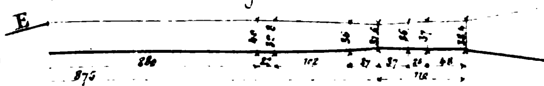
el trempée trois fois au rouge cerise



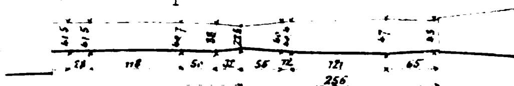
cier nickel recuite au rouge cerise



r nickel recuite au rouge sombre



cier doux trempée et recuite



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

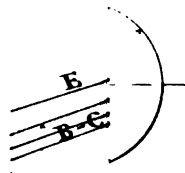
à 19. Tôles de métal N C 4.

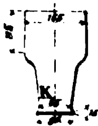
Légenc
ckel simpl 5.
— trempé
apin flamb
ckel simpl
simpl
aux trempé

Fig. 6.   Fig. 7.   Fig. 8.

la machin

Fig. 11   Fig. 12   Fig. 13.





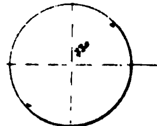
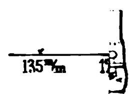
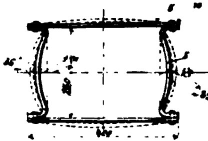


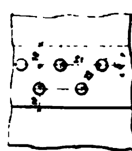


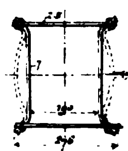


Fig. 17.   Fig. 18.   Fig. 19.

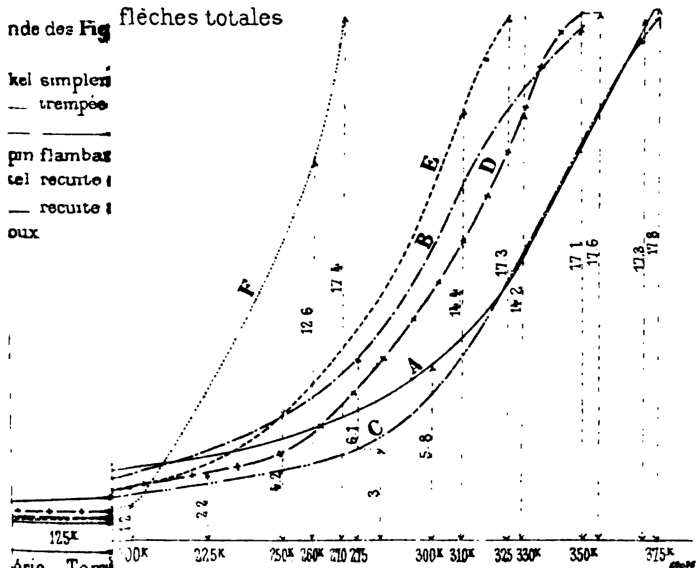








nde des Fig
kel simple
— trempée
pin flamba
tel recuite
— recuite
oux



érie Tom

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

C

D
EF

Série

au choc de plaquettes d'acier au silicium

Fig. 6. Plaquette N°2 de 15m/m

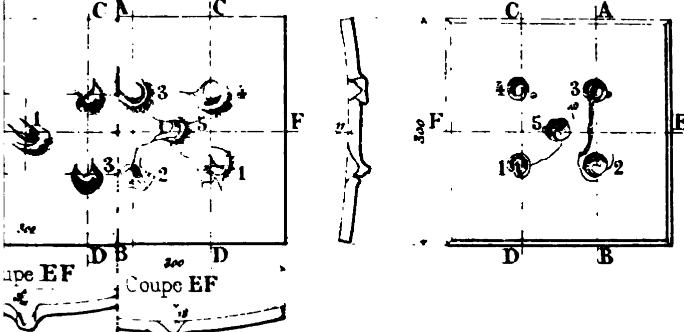


Fig. 7. Plaquette en acier au silicium de 19m/m (traitée à l'usine d'Imphy)

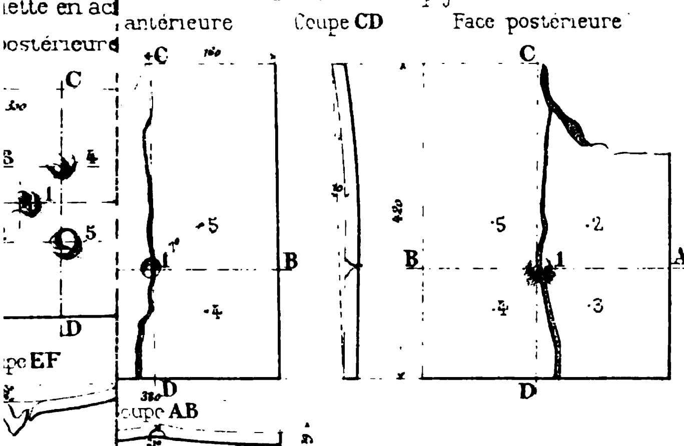
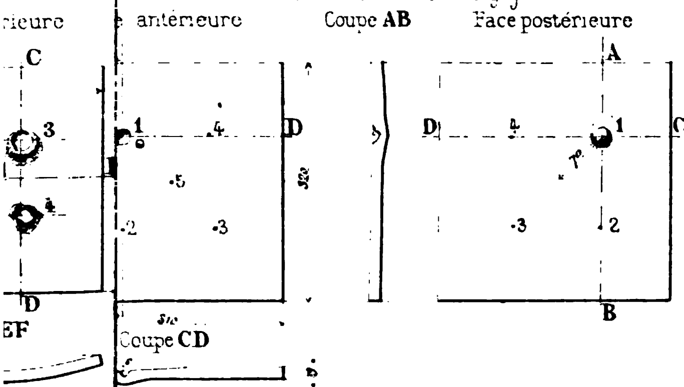


Fig. 8. Plaquette en acier au silicium de 19m/m (traitée à l'établissement de Guerigny)



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

EXPLICATION DES PLANCHES.

SEPTEMBRE.

Pl. V, VI et VII. — Étude sur certains aciers spéciaux.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

L'Éditeur-Gérant : Vve DUNOD.

ANNALES

DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME XIV.

10e LIVRAISON DE 1898.

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

1898

TABLE DES MATIÈRES.

OCTOBRE.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

BULLETIN.

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Août.

'RÉFILERIE & CORDERIE MÉCANIQUE!

DE LA

COMMISSION DES ARDOISIÈRES D'ANGERS

LARIVIÈRE & CIE

CH. FOUINAT

TÉLÉPHONE **170, Quai Jemmapes, PARIS** TÉLÉPHONE

CORDAGES MÉTALLIQUES RONDS & PLATS

EN FER, ACIER, CUIVRE

Pour Mines, Carrières, Houillères, Plans inclinés, Cabestans, Appareils à lever, Manœuvres courantes et dormantes de marine et de batellerie, ansmission de force motrice, Signaux, Horlogerie, Paratonnerres, Puits, Clôtur

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889

Membre du Jury — Hors Concours

DEUX GRANDS PRIX : ANVERS 1894

ENVOI FRANCO DE TOUS RENSEIGNEMENTS

C^IE FRANÇAISE DES MÉTAUX

Société anonyme au capital de **25** millions de francs

Siège social : 10, rue Volney. — PARIS

USINES :

Deville-lès-Rouen (Seine-Inf.), **Castelsarrazin** (Tarne-et-Garonne), **Sérifontaine** (Oise), **Givet** (Ardennes), **Bornel** (Oise), **Saint-Denis** (Seine) et **Paris**, rue Vieille-du-Temple, 76

ONDERIE, LAMINAGE, ÉTIRAGE, EMBOUTISSAGE & TRÉFILERIE

de Cuivre, Laiton, Plomb, Étain, Zinc, Nickel, Maillechort, etc.

TUBES EN CUIVRE ROUGE ET LAITON SOUDÉS ET ÉTIRÉS

TUBES GRAVÉS POUR HORLOGERIE, OPTIQUE ORNEMENTS D'ÉGLISES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

ulures de tous genres pour l'ébénisterie et l'ameublement. Appareils de stéarinerie et de sucrerie. Fils en cuivre rouge, demi-rouge, laiton et maillechort. Cuivre rouge et laiton en lingots et en barres

Fabrication de monnaies en cuivre rouge, bronze, maillechort et nickel

PLAQUES EN CUIVRE ROUGE POUR FOYERS DE LOCOMOTIVES

Obturateurs et grains de lumière pour canons. — Ceintures de projectiles

Tubulures en cuivre rouge sans soudure. Rouleaux en cuivre pour impression

AIN ... FINÉ EN LINGOTS ET EN FEUILLES POUR CHOCOLATIERS, PARFUMEURS ET AUTRES USAGES

... mb en lingots, en tables et en tuyaux. Tuyaux en plomb doublés d'étain

TUBE... ... ACIER ÉTIRÉS SANS SOUDURES, POUR CHAUDIÈRES ET CONDUITES A HAUTE PRESSION

SPÉCIALITÉ DE TUBES MINCES, LÉGERS ET SOLIDES

Pc ... fabrication des CYCLES, BICYCLETTES, TRICYCLES, ETC., ETC.

ubes à ailerons (brevets SERVE). — Enveloppes d'obus en acier

...HES, PLAQUES ET FILS MAILLECHORT ET NICKEL POUR TOUS USAGES

... ivre et de bronze de haute conductibilité pour usages électriques

... AL... MINIUM & SES ALLIAGES, EN PLANCHES, EN FILS & EN TUBES

J. & A. NICLAUSSE

Société des Générateurs inexplosibles (Brevets Niclausse)

PARIS, 24, rue des Ardennes, PARIS

APPLICATIONS DANS TOUTES LES INDUSTRIES :

Force motrice, Eclairage électrique, Chauffage, Utilisation des gaz perdus, etc.

Type semi-multitubulaire à grande réserve de chaleur pour différentes industries.
Type spécial pour les installations dans les maisons habitées.

Ville de Paris, 5.000 chevaux. — Cie Fresne, 3.000 chevaux. — Société Industrielle de Produits chimiques, 3.000 chevaux. — Société Normande d'électricité, 2.500 chevaux. — Menier (Usine de Noisiel), 1.000 chevaux, etc., etc.

Stations centrales (Plus de 30.000 chevaux).

PRINCIPAUX AVANTAGES OFFERTS PAR CES GENERATEURS :

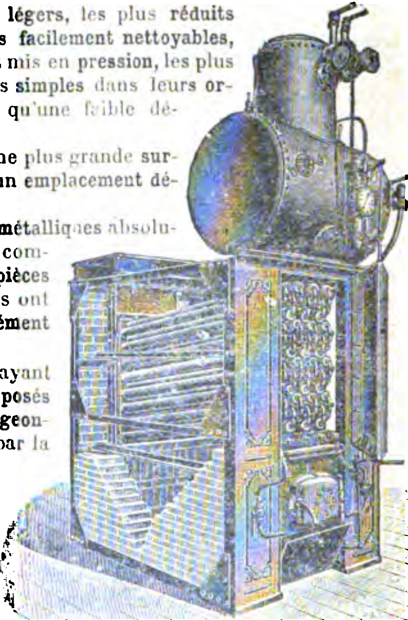
Ils sont les plus **légers**, les plus réduits en volume, les plus **facilement** nettoyables, les plus **rapidement** mis en pression, les plus **robustes**, et les plus **simples** dans leurs organes, n'exigeant qu'une faible dépense d'entretien.

Ils fournissent une plus grande surface de **grille** dans un emplacement déterminé.

Ils ont des **joints métalliques** absolument **assurés**, ils ne comportent que des **pièces interchangeables**, ils ont des **tubes droits aisément nettoyables.**

Ils sont les **seuls** ayant les tubes **seulement** posés **sans vissage** ni **dudgeonnage** et **équilibrés** par la **pression.**

En cas de **changement d'un tube**, ils sont les **seuls** ne **demandant** que la **sortie** de ce seul **tube** ; cette manœuvre s'exécute **exclusivement** par la **chambre de chauffe** et en moins d'**une minute** par les **chauffeurs.**



Ils ont **dépassé** les **plus hautes vaporisations** et les plus **fortes combustions** sans autres accessoires que ceux des chaudières ordinaires et sans amener aucune **déformation du faisceau tubulaire**, composé de **tubes droits**, qui sont à dilatation complètement libre.

Ils donnent le **maximum** d'économie de **combustible** sans **adjonction** d'appareil quelconque.

Ils sont d'un **montage facile**, par suite de leur **fractionnement** en **pièces de faibles dimensions** et **de poids réduit.**

Enfin, ils présentent toute la **résistance** voulue aux **exigences** des **navires de guerre.**

Rapidité de mise en pression. Changement brusque d'allure et **passage** très prompt d'une **combustion ordinaire** aux **combustions forcées** sans aucun incident.

TYPE MARIN (Plus de **150.000** chevaux)

Marine militaire française. — Croiseur cuirassé *Gueydon*, 20.200 chevaux. — Croiseur cuirassé *Kleber*, 18.000 chevaux. — Croiseur *Friant*, 9.000 chevaux. — Cuirassé *Henri IV*, 11.500 chevaux. — Cuirassé *Requin*, 7.000 chevaux. — Croiseur-torpilleur *Fleurus*, 4.000 chevaux. — Torpilleur *Téméraire*, 1.500 chevaux. — Canonnière *Décidée*, 1.000 chevaux. — Ecole des Pilotes *Elan*, 500 chevaux. — Remorqueurs : *Titan*, 500 chevaux. — *Polyphème*, 500 chevaux. — *Hercule*, 500 chevaux. — *Menhir*, 200 chevaux. — Chalands électriques : *Charlemagne*, 100 chevaux. — *Charles-Martel*, 100 chevaux. Etc.

Marines militaires étrangères. — Croiseur *Cristobal Colon*, 14.000 chevaux. — Croiseur *Ersaiz-Freya*, 10.000 chevaux. — Cuirassé *Pelayo*, 9.000 chevaux. — Croiseur *G...*, 7.000 chevaux. — Canonnière *Herabry*, 3.000 chevaux. — Canonnière *Seagull*, 3.000 chevaux. — Navire école : *Presidente Sarmiento.* — *Esmeralda* (chaudière auxiliaire). — Vedette *Navarra.*

Marine de commerce. — Remorqueur du Rhône : *Pilate*, 1.000 chevaux. — *Pellevoux*, 1.000 chevaux. — *Ventoux*, 1.000 chevaux. — *Canigou*, 1.000 chevaux. — *Galibier*, 1.000 chevaux. — *Taillefer*, 1.000 chevaux. — Cie générale des Bateaux parisiens, 25 bateaux (150 chevaux chacun) de la nouvelle flotte pour l'Exposition Universelle de 1900. — X..., Paquebot de la Cie fluviale de Cochinchine. — René-André, Remorqueur *Saint-Nazaire.* — Pierre-André, *Le Hâvre*, etc., etc.

Navigation de plaisance. — Yacht *Aimée* (M. H. Ménier). — Yacht *Julie* (M. G. Ménier). — Yacht *Saint-Hubert* (M. Courtois de Langlade). — Yacht *Nemo* (M. Baudouin). — Yacht *Président-Carnot* (M. Sâtre, fils, aîné). — Yacht *Walkyrie* (M. G. Eiffel). — Yacht *Zaria* (M. H. Ménier, etc., etc.

Devis. — Références. — Renseignements sur demande

SOCIÉTÉ ANONYME

HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MINES

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS ET CHARBO

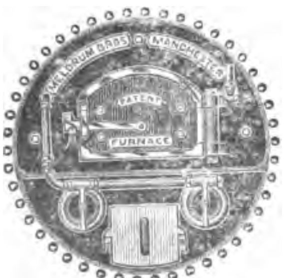
VOIR L'ANNONCE J.-J. HEILMANN. PAGE 9

FOYERS MELDRUM

BREVETÉS S. G. D. G.

Protégés par des marques de fabrique et par plus de 22 BREVETS dans tous les pays

MARQUE DE FABRIQUE



DÉPOSÉE.

FACILEMENT ADAPTÉS DANS 24 A 48 H. A TOUS LES SYSTÈMES CON
DE CHAUDIÈRES ET FOURS

Efficacité extraordinre combinée avec la plus grande simplicit

Fumivorité suivant l'ordonnance de M. le Préfet de Police

NI VENTILATEUR, NI MACHINE MOTRICE

Les Grilles conservées plusieurs années

Pas de Réparation. - Pas de Hautes Cheminées nécessaire

Utilisation des Combustibles les plus pauvres, comme Poussières de Charbon et de Coke, Résidus de lavoirs à Charbons, Cendres de fours métalliques, etc. — Plus de 50 0/0 d'économie souvent obten et pouvoir d'évaporation accrû de 25 à 100 0/0, suivant des certificats des autorités françaises les plus connues.

PLUS DE 6.300 FOYERS MELDRUM

Installés depuis 1890, fonctionnant à toute satisfactio dans les Usines à Gaz, Houillères, Filatures et Tissage Etablissements Métallurgiques, électricité, etc.

ENTRE AUTRES :

Société Cockerill, a Seraing, en Belgique. — 7 installations.
MM. Jules Chagot et Cie, Mines de Blanzy, à Montceau-les-Mines, en France. — 79 installatio
La Compagnie du Chemin de fer du Nord, à Paris. — 15 installations en sept mois.
La Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, à Paris. — 1 installation.
La Compagnie Electrique du secteur de la Rive gauche, de Paris. — 2 installations.
La Compagnie de Béthune, à Bully. — 8 installations.
La Société des Charbonnages du nord du Flénu, à Ghlin, en Belgique. — 2 installatio
La Compagnie des Mines de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux. — 3 installations.
La Maison Breguet, à Paris. — 2 installations.

Pour tous renseignements, s'adresser à MELDRUM Frères

Représentant : **F.-A. NOEL.** — Bureau : 5, rue Greffulhe. — Usine : 22, avenue d'Argenteuil, Asnières (Sei

THÉORIE MATHÉMATIQUE
DE LA MACHINE A VAPEUR

ACTION DES PAROIS

Par M. J. NADAL, Ingénieur au Corps des Mines

(*Suite*) (*).

CHAPITRE I.

Température fixe et pouvoir absorbant des parois.

I. **Intégrale générale.** — La théorie mathématique de la machine à vapeur repose sur l'intégrale générale (*) du système d'équations différentielles, qui représentent les lois de la propagation de la chaleur dans un mur chauffé par une source dont la température varie avec le temps. Ces équations sont les suivantes :

Soient : V, la température au temps t en un point quelconque, x, du mur dont l'épaisseur est X ;

θ, la température de la source, variable en fonction de t, le zéro des températures étant supposé être la température θ_0 de la source pour $t = o$;

K, C et D, le coefficient de conductibilité intérieure, la chaleur spécifique et la densité du métal qui constitue la paroi ;

h, le pouvoir absorbant de la surface baignée par la

(*) Voir *Annales des Mines*, livraison de septembre 1897, p. 297 et suiv.

source de chaleur, étant supposé que ce pouvoir absorbant est constant.

Il est admis, en outre, que le flux de chaleur est nul, c'est-à-dire négligeable en pratique, sur la face du mur, dont l'équation est $x = o$, opposée à celle baignée par la source.

Les équations du mouvement de la chaleur sont au nombre de trois:

1° Celle qui exprime la propagation dans l'intérieur de la paroi :

$$(1)\quad \frac{dV}{dt} = \frac{K}{CD}\frac{d^2V}{dx^2} \quad \text{ou:}\quad \frac{dV}{dt} = k\frac{d^2V}{dx^2}, \quad \text{en posant:}\quad \frac{K}{CD} = k;$$

elle doit être vérifiée quels que soient x et t;

2° Celle qui exprime la propagation de la chaleur sur la surface en contact avec la source :

$$(2)\qquad K\left(\frac{dV}{dx}\right)_X = h\,(\theta - V_X);$$

elle doit être vérifiée pour $x = X$, quel que soit t;

3° Celle qui exprime l'état initial du mur :

$$(3)\qquad (V)_{t=0} = F(x),$$

pour $t = o$, quel que soit x.

L'intégrale complète de ce système est :

$$(4)\quad V - \theta = \sum \frac{4n\int_0^X F(x)\cos nx\,dx}{2nX + \sin 2nX}\cos nx\,e^{-kn^2t} - \sum \frac{4\sin nX}{2nX + \sin 2nX}\cos nx\int_0^t \frac{d\theta}{d\tau}e^{-kn^2(t-\tau)}\,d\tau,$$

les quantités n étant les racines de l'équation transcendante :

$$(5)\qquad n\,\text{tang}\,nX = \frac{h}{K}$$

et la somme Σ devant comprendre toutes les racines positives de cette équation.

Lorsque la température θ de la source de chaleur est une fonction périodique du temps de période t_1, et qu'on considère l'état permanent, c'est-à-dire périodique, du mur, la fonction $F(x)$ s'élimine, et il vient alors :

$$(6)\quad V-\theta=-\sum\frac{4\sin nX}{2nX+\sin 2nX}\frac{1}{1-e^{-kn^2t_1}}\cos nx\, e^{-kn^2t}\int_0^{t_1}\frac{d\theta}{d\tau}e^{-kn^2(t_1-\tau)}d\tau$$

$$-\sum\frac{4\sin nX}{2nX+\sin 2nX}\cos nx\int_0^{t}\frac{d\theta}{d\tau}\,e^{-kn^2(t-\tau)}\,d\tau.$$

Le problème des échanges de chaleur entre la vapeur et les parois des cylindres serait complètement résolu par cette équation, comme je l'ai montré précédemment, si les hypothèses admises étaient exactes.

Il est donc utile de bien examiner quelles sont les hypothèses qu'impliquent les équations précédentes.

1° Le mur dans lequel la chaleur pénètre doit être homogène. Pour qu'il puisse être considéré comme l'étant en pratique, il suffit qu'il soit composé d'une même substance. Cela signifie que la solution ci-dessus n'est applicable que si la chaleur perdue par la vapeur est tout entière absorbée par les parois. Si cette chaleur était absorbée partie par les parois, partie par de l'eau stagnante dans le cylindre (hypothèse de Zeuner), la solution mathématique actuellement présentée ne pourrait s'appliquer qu'à la première catégorie d'échange de chaleur ;

2° En tous les points de la surface du mur, la température de la source de chaleur, c'est-à-dire de la vapeur, doit être à chaque instant la même. Cette condition serait naturellement remplie, si la vapeur évoluant dans le cylindre était homogène. Cette homogénéité n'existe pas

en réalité. La vapeur, surtout pendant les périodes où il y a communication entre le cylindre et les réservoirs extérieurs — admission, échappement — se trouve dans un mouvement tourbillonnaire qui exclut évidemment l'homogénéité complète. Mais, en raison même de ce mouvement tourbillonnaire, les températures et les pressions doivent tendre à chaque instant à s'uniformiser, et il est peu probable qu'il y ait, d'un point à un autre de la masse de vapeur, une différence notable entre ces pressions ou ces températures;

3° L'équation (2) ci-dessus implique que le coefficient h ait une valeur finie, et les intégrales (4) et (6) que cette valeur soit constante. Nous allons essayer de vérifier si ces deux dernières hypothèses sont exactes, en admettant toujours les deux premières — absorption de chaleur uniquement par le métal, homogénéité pratique de la vapeur.

II. **Le pouvoir absorbant des parois n'est pas infini.** — Le flux de chaleur : $-\mathrm{K}\left(\frac{d\mathrm{V}}{dx}\right)_{\mathrm{X}}$, à la surface du mur, ayant toujours une valeur finie, l'équation (2) montre que, si h est infini, la différence $\theta - \mathrm{V}$ entre la température de la source et celle de la surface de la paroi doit être infiniment petite. Donc, si h était infini, le cycle des températures à la surface de la paroi serait le même que le diagramme des températures de la vapeur.

Cette identité a été admise par plusieurs savants et semble être une conséquence de la théorie expérimentale de Hirn.

En effet, les diagrammes des échanges de M. Dwelshauvers-Dery(*) établissent à peu près indistinctement

(*) Anspach, *Rôle de l'eau dans les cylindres Revue universelle de Liège*, 1890-1891).

que, dès le début de la détente, la vapeur reçoit de la chaleur des parois, c'est-à-dire qu'il y a un excès notable de chaleur versée par les parois déjà chauffées sur la chaleur absorbée par les parois froides fraîchement découvertes. Puisque les parois restituent de la chaleur dès le début de la détente, leur température ne peut être inférieure à celle de la vapeur. La température à la surface des parois à la fin de l'admission est donc forcément au moins égale à celle de la vapeur.

Aussi M. Dwelshauvers-Dery exprime-t-il ainsi la loi générale du phénomène des échanges (*) :

« Dans l'intérieur du cylindre, la vapeur est tantôt chaude, tantôt froide, et le métal, recouvert d'une rosée saturée, prend avec une extrême rapidité la température de la vapeur, soit qu'il lui emprunte de sa chaleur en la condensant partiellement, soit qu'il lui en restitue en évaporant la rosée qui le couvre. »

Cependant Hirn, dans son mémoire en réponse à celui de Zeuner(**), suppose qu'il existe de notables différences de température entre la surface des parois et la vapeur.

L'hypothèse de l'égalité des températures entre la vapeur et la surface métallique doit être rejetée ; car, si elle est d'accord avec quelques-unes des conséquences tirées des diagrammes des échanges et dont l'exactitude n'est d'ailleurs pas démontrée de façon indiscutable, elle est en désaccord complet avec deux autres faits établis, eux, d'une façon certaine. Il s'agit : 1° des quantités de chaleur absorbées pendant l'admission qui, si cette égalité était vraie, seraient beaucoup plus élevées que ne le montre la pratique ; 2° de la température fixe de la partie de la paroi soustraite aux fluctuations intérieures, qui,

(*) *Étude calorimétrique de la machine à vapeur.*

(**) *Revue universelle de Liège*, 1882.

dans la même hypothèse, devrait être égale à la température moyenne de la vapeur. Nous allons d'abord démontrer le premier point.

III. **Intégrale générale dans le cas où le pouvoir absorbant est infini.** — Il s'agit de rechercher quelle est la loi de la propagation de la chaleur dans un mur dont l'une des faces aurait à chaque instant la température de la vapeur et dont l'autre face perdrait une quantité de chaleur négligeable. Il est admis, comme toujours, que l'onde de chaleur ne pénètre dans la paroi que sur une partie de l'épaisseur totale.

Les équations du problème sont les suivantes (les lettres ayant la même signification qu'au § I):

(7) $$\frac{dV}{dt} = k\frac{d^2V}{dx^2}, \text{ pour toute valeur de } t \text{ et de } x,$$

(8) $$V = 0, \text{ pour } x = X, \text{ quel que soit } t.$$

Le flux élémentaire de chaleur entrant dans le mur par la face intérieure s'obtiendra en faisant $x = X$ dans l'expression: $-K\frac{dV}{dx}dt$, et le flux pendant un temps donné, par exemple de 0 à t, sera:

$$\int_0^t - K\frac{dV}{dx}dt.$$

La solution de ce système d'équations se déduit très simplement de celle du système du § I. En effet, pour $h = \infty$, les solutions de (5), rangées par ordre de grandeur croissante, sont:

$$nX = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \frac{7\pi}{2}, \ldots, \frac{(2p+1)\pi}{2}, \ldots, \text{etc.}$$

Ce qui veut dire que, à mesure que h augmente, les

racines nX de l'équation (5) se rapprochent de la valeur $\frac{\pi}{2}$ multipliée par la série des nombres impairs.

L'équation (6) est toujours valable, quelque grand que soit h. La valeur limite pour $h = \infty$ s'obtient en remplaçant n par

$$\frac{(2p+1)\pi}{2X}.$$

On a ainsi :

$$\mathrm{V} - \theta = -\sum \frac{\pm 4}{(2p+1)\pi} \frac{1}{1 - e^{-k\left(\frac{(2p+1)\pi}{2X}\right)^2 t_1}} \cos\frac{(2p+1)\pi}{2X} x$$
$$e^{-k\left(\frac{(2p+1)\pi}{2X}\right)^2 t} \int_0^{t_1} d\theta e^{-k\left(\frac{(2p+1)\pi}{2X}\right)^2 (t_1 - \tau)}$$

(9) $$-\sum \frac{\pm 4}{(2p+1)\pi} \cos\frac{(2p+1)\pi}{2X} x \int_0^t d\theta e^{-k\left(\frac{(2p+1)\pi}{2X}\right)^2 (t - \tau)}$$

Dans cette expression il faut donner à p les valeurs successives : 0, 1, 2, 3, etc., et faire la somme des séries ainsi obtenues. Dans le facteur ± 4 il faut prendre alternativement le signe $+$ et le signe $-$.

L'équation (9) satisfait évidemment à l'équation (8), parce que, pour $x = \mathrm{X}$, on a :

$$\cos\frac{(2p+1)\pi}{2X} \mathrm{X} = 0.$$

Elle satisfait également à l'équation (7) ; on le vérifie aisément, ainsi que je l'ai fait précédemment (*) pour les équations (4) et (6). On trouve ainsi que l'identité

$$\frac{d\mathrm{V}}{dt} = k \frac{d^2\mathrm{V}}{dx^2}$$

(*) *Annales des Mines*, livraison de septembre 1897.

a lieu, à la condition qu'on ait :

$$\frac{\pi}{4} = \cos\frac{\pi}{2}\frac{x}{X} - \frac{1}{3}\cos 3\frac{\pi}{2}\frac{x}{X} + \frac{1}{5}\cos 5\frac{\pi}{2}\frac{x}{X} - \dots \text{ etc.},$$

pour une valeur quelconque de x comprise entre 0 et X. Cela a lieu effectivement, comme l'a démontré Fourier(*).

De l'équation (9) on peut déduire facilememt la quantité de chaleur qui pénètre dans la paroi pendant la durée, t_a, de l'admission, en calculant l'intégrale :

$$Q_a = \int_0^{t_a} - K \left(\frac{dV}{dx}\right)_X dt.$$

J'ai effectué ce calcul dans un certain nombre de cas et trouvé ainsi des quantités de chaleur cédée à la paroi bien supérieures à ce qui a lieu en réalité. Ainsi, dans l'expérience de Hirn du 8 septembre 1895, la chaleur cédée aux parois pendant l'admission est, d'après l'expérience, de $49^{cal},4$, tandis que le calcul ci-dessus donnerait $82^{cal},8$.

Le professeur Kirsch, auteur d'une théorie de la propagation de la chaleur dans les parois des cylindres basée, comme dans ce paragraphe, sur l'hypothèse de l'égalité de température entre la vapeur et la surface de la paroi, est arrivé à la même conclusion. La condensation observée en pratique est beaucoup plus faible que celle qui serait indiquée par cette théorie.

L'hypothèse fondamentale est donc inexacte ; la température à la surface de la paroi ne peut être constamment égale à celle de la vapeur, c'est-à-dire h ne peut être constamment infini.

Nous avons indiqué plus haut une deuxième raison qui milite en faveur de cette conclusion. Nous allons l'exa-

(*) *Théorie analytique de la chaleur*, p. 156.

miner maintenant en nous plaçant à un point de vue plus général.

IV. **Le pouvoir absorbant, h, ne peut être constant.** — Dans mon premier exposé de la théorie des échanges de chaleur entre la vapeur et la paroi, j'ai supposé h constant, tout en faisant observer qu'il y avait beaucoup de probabilités pour que le pouvoir absorbant des parois fût variable en fonction du temps, puisque l'état de la surface varie lui-même. Les expériences de M. Bryan Donkin, puis celles de MM. Callendar et Nicolson, sont venues élucider cette question, comme nous allons le voir.

Nous démontrerons auparavant un théorème.

THÉORÈME. — Si le pouvoir absorbant, h, était constant pendant la durée de chaque révolution, la température moyenne de la paroi en un point quelconque serait égale à la température moyenne de la vapeur.

La température V de la paroi, en un point dont la profondeur est $X - x$ à partir de la surface en contact avec la vapeur, est donnée par l'équation (6), lorsque h est constant. Quand t varie de 0 à t_1, durée d'une révolution, la température V parcourt un certain cycle en revenant pour $t = t_1$ à sa valeur initiale. Ce cycle varie avec la profondeur, et l'écart des températures va en diminuant pour devenir infiniment petit à une certaine profondeur ; au delà, la paroi cesse d'être soumise aux fluctuations intérieures, et sa température est fixe, si le fonctionnement de la machine est uniforme. La profondeur $X - x$, où l'onde de chaleur périodique cesse de se faire sentir, s'obtiendra en cherchant pour quelle valeur maxima de x la quantité V donnée par l'équation (6) est constante quel que soit t.

En marche uniforme, l'état de la paroi se reproduit identiquement à chaque tour, et la température de la

partie stationnaire ne peut varier. Cet état est caractérisé par ce fait que la quantité de chaleur cédée par la vapeur à la paroi est exactement restituée par celle-ci à la vapeur, abstraction faite de la perte par refroidissement extérieur que nous supposons négligeable.

La quantité totale de chaleur échangée pendant un tour est donnée par :

$$\int_0^{t_1} h\,(\mathrm{V} - \theta)\, dt,$$

où l'on fait $x = \mathrm{X}$, et cette expression doit être nulle.

Je dis de plus qu'on a :

$$\int_0^{t_1} (\mathrm{V} - \theta)\, dt = 0,$$

quel que soit x.

En effet, en remplaçant $\mathrm{V} - \theta$ par sa valeur tirée de (6), il vient :

$$\int_0^{t_1} (\mathrm{V} - \theta)\, dt = -\sum \frac{4 \sin n\mathrm{X}}{2n\mathrm{X} + \sin 2n\mathrm{X}} \frac{\cos nx}{1 - e^{-kn^2 t_1}} \int_0^{t_1} e^{-kn^2 t}\, dt \int_0^{t_1} d\theta e^{-kn^2(t_1 - \tau)}$$

$$- \sum \frac{4 \sin n\mathrm{X}}{2n\mathrm{X} + \sin 2n\mathrm{X}} \cos nx \int_0^{t_1} dt \int_0^{t} d\theta e^{-kn^2(t - \tau)}.$$

Dans le premier terme de cette équation on a :

$$\int_0^{t_1} e^{-kn^2 t}\, dt = \frac{1 - e^{-kn^2 t_1}}{kn^2}.$$

Il vient donc :

$$\int_0^{t_1} (V - \theta)\, dt = - \sum \frac{4 \sin nX \cos nx}{2nX + \sin 2nX} \left[\frac{1}{kn^2} \int_0^{t_1} \frac{d\theta}{dt} e^{-kn^2(t_1 - t)}\, dt \right]$$

$$(10) \qquad - \sum \frac{4 \sin nX}{2nX + \sin 2nX} \cos nx \int_0^{t_1} dt \int_0^{t} \frac{d\theta}{d\tau} e^{-kn^2(t-\tau)}\, d\tau.$$

Je dis qu'on a l'identité suivante :

$$(A) \quad \int dt \int \frac{d\theta}{d\tau} e^{-kn^2(t-\tau)} d\tau = \frac{1}{kn^2} \int_0^{t_1} \frac{d\theta}{dt} dt - \frac{1}{kn^2} \int^{t_1} \frac{d\theta}{dt} e^{-kn^2(t_1 - t)}\, dt.$$

Les intégrations effectuées, chaque membre de cette équation sera fonction de t_1 seulement. Différentions par rapport à t_1 ; on a pour le premier membre :

$$(a) \quad \frac{d}{dt_1} \left[\int_0^{t_1} dt \int_0^{t} \frac{d\theta}{d\tau} e^{-kn(t-\tau)} d\tau \right] = \int_0^{t_1} \frac{d\theta}{d\tau} e^{-kn^2(t_1 - \tau)} d\tau.$$

Le premier terme du second membre a pour dérivée en t_1 :

$$(b) \qquad \frac{1}{kn^2} \left(\frac{d\theta}{dt} \right)_{t_1}.$$

Dans le second terme, la variable t_1 se trouve dans la fonction sous le signe d'intégration ; on a alors pour la dérivée :

$$(c) \quad \frac{d}{dt_1} \left[- \frac{1}{kn^2} \int_0^{t_1} \frac{d\theta}{dt} e^{-kn^2(t_1 - t)} dt \right]$$

$$= - \frac{1}{kn^2} \left[\int_0^{t_1} - kn^2 \frac{d\theta}{dt} e^{-kn^2(t_1 - t)} dt + \left(\frac{d\theta}{dt} \right)_{t_1} \right].$$

En ajoutant les expressions (b) et (c), on voit qu'on retrouve identiquement l'expression (a).

Les deux membres de (A) ont donc même dérivée en t_1 et ne peuvent, par suite, différer que d'une constante indépendante de t_1 ; cette constante est nulle ; car, pour $t_1 = 0$, les deux membres de (A) sont nuls tous les deux.

On a d'ailleurs dans (A) :

$$\int_0^{t_1} \frac{d\theta}{dt}\, dt = (\theta_1 - \theta_0) = 0,$$

puisque la température de la vapeur remonte toujours à la même valeur au début de chaque révolution. Le terme qui reste dans (A) est identiquement le même, avec un signe contraire, que le premier terme entre parenthèses de l'équation (10). L'expression :

$$\int_0^{t_1} (V - \theta)\, dt = \int_0^{t_1} V dt - \int_0^{t_1} \theta dt = 0$$

est donc une identité.

Or les quantités $\dfrac{\int_0^{t_1} \theta dt}{t_1}$ et $\dfrac{\int_0^{t_1} V dt}{t_1}$ ne sont autres que la température moyenne de la vapeur, et la température moyenne du cycle de la paroi à la profondeur x. Ces températures moyennes sont donc égales, et le théorème est démontré.

Le raisonnement que nous venons de faire s'applique de la même façon à l'équation (9) du § III.

Si donc nous constatons par l'expérience que la température fixe de la paroi n'est pas égale à la température moyenne du diagramme de la vapeur, nous aurons démontré du même coup et que le pouvoir absorbant h n'est pas constant et qu'il n'est pas infini.

V. **Expériences sur les températures des parois.** — M. Bryan Donkin est, à ma connaissance, le premier qui ait étudié les températures dans l'intérieur des parois, et le compte rendu de ses premières expériences date de 1890(*). La méthode de Donkin est très simple : elle consiste à percer dans le métal des parois — fonds et partie cylindrique — à différentes profondeurs, des trous de très petit diamètre remplis de mercure, où sont plongés des thermomètres. Dans la plus grande partie de l'épaisseur des parois, la température fournie par les thermomètres est absolument fixe et représente certainement la température de la paroi elle-même. Tout près de la surface intérieure baignée par la vapeur, les thermomètres indiquent une faible oscillation de température ; l'oscillation réelle doit être plus considérable ; mais elle se produit si rapidement que les thermomètres, par défaut de sensibilité, sont impuissants à la révéler entièrement.

La méthode est donc surtout apte à donner la température du métal dans la partie où elle ne varie pas. De ses premières expériences, M. Donkin a déduit cette conclusion que la température fixe de la paroi est toujours plus élevée que la température moyenne de la vapeur déduite des diagrammes.

M. Donkin a fait, depuis, de nouvelles et très nombreuses expériences sur le même objet, qu'il a publiées en 1895(**).

Ces expériences ont été effectuées avec une petite machine verticale à un cylindre de $0^m,1524$ de diamètre

(*) *Revue industrielle de Mulhouse*, t. LX ; et *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* ; session 1890-1891 : Temperature of Cylinders of Steam-Engines, by Bryan Donkin.

(**) *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, janvier 1895 : Experiments on a vertical single-Cylinder Steam-Engine, by Bryan Donkin.

et 0m,2032 de course. Cette machine fonctionnait dans des conditions très variées : avec ou sans condensation, avec ou sans chemises de vapeur, avec ou sans surchauffe, à diverses vitesses et à diverses admissions, etc.

Nous donnons, avec la permission de l'auteur, dans les tableaux suivants, les résultats d'un certain nombre de ces expériences.

SÉRIE 1. — DIX EXPÉRIENCES.

Sans chemise de vapeur, à condensation, double effet. Rapport de détente variant de $5\frac{3}{4}$ *à* $1\frac{3}{4}$. *Vapeur saturée, pression absolue de* 4kg,5. *Environ* 220 *tours par minute.*

NUMÉROS des expériences	ADMISSION	RAPPORT de détente	TEMPÉRATURES DE LA VAPEUR D'APRÈS LE DIAGRAMME maxima	minima	TEMPÉRATURE moyenne de la vapeur	TEMPÉRATURE de la paroi	EXCÈS de la température de la paroi sur celle de la vapeur
53	$\frac{1}{12}$	5,77	143°,7	69°,5	92°	115°,54	23°,5
45	$\frac{1}{8}$	4,67	144 ,4	76	96 ,6	118 ,32	21 ,7
40	$\frac{3}{16}$	3,63	143 ,7	75	97	122 ,76	25 ,75
43	$\frac{3}{16}$	3,63	143 ,5	76 ,5	98	122 ,35	24 ,35
26	$\frac{1}{4}$	3,13	142 ,8	69	94	123 ,4	29 ,4
27	$\frac{1}{4}$	3,13	144 ,2	70	95	127 ,1	32 ,1
41	$\frac{1}{4}$	2,97	145 ,1	74 ,5	98	127 ,6	29 ,6
37	$\frac{5}{16}$	2,54	144 ,7	72	97	127 ,6	30 ,6
31	$\frac{3}{8}$	2,18	144 ,3	71	97	128 ,7	31 ,7
32	$\frac{1}{2}$	1,72	145 ,1	76	102	133 ,2	31 ,2

Série 2. — Onze expériences.

Sans chemise de vapeur, à condensation, double action. Rapport de détente variable de $7\frac{1}{2}$ *à* $1\frac{1}{4}$. *Vapeur surchauffée, pression de* $4^{kg},5$ *absolus. 220 tours par minute.*

Numéros des expériences	Admission	Rapport de détente	Température de vapeur saturée correspondant à la pression maxima du diagramme	Température de vapeur saturée correspondant à la pression dans la chapelle	Degré de surchauffe	Température minima du diagramme	Température de la paroi
79	$\frac{1}{24}$	7°,54			28°,86		120
80	$\frac{1}{24}$	7 ,54			29 ,3		121 ,2
81	$\frac{1}{12}$	5 ,77			28 ,8		123 ,5
87	$\frac{1}{12}$	5 ,77			28 ,3		124 ,6
34	$\frac{1}{8}$	4 ,67			37 ,8		120 ,5
44	$\frac{3}{16}$	3 ,63	144°	147°,7	25	72°	129 ,3
36	$\frac{1}{4}$	2 ,97			28 ,8		127
84	$\frac{5}{16}$	2 ,51			8 ,9		130
33	$\frac{3}{8}$	2 ,18			21 ,6		132 ,6
35	$\frac{1}{2}$	1 ,72			17 ,2		135 ,1
89	$\frac{3}{4}$	1 ,24			12		137 ,65

SÉRIE 3. — SIX EXPÉRIENCES.

Vapeur saturée, sans enveloppes, sans condensation, double action, pression $4^{kg},5$ *absolus. Rapport de détente variant de* $4\frac{3}{4}$ *à* $1\frac{1}{4}$. 220 *tours par minute.*

NUMÉROS des expériences	ADMISSION	RAPPORT de détente	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR maxima	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR minima	TEMPÉRATURE moyenne de la vapeur	TEMPÉRATURE de la paroi	EXCÈS de la température de la paroi sur celle de la vapeur
46	$\frac{1}{8}$	4°,67	144°	102°	115°	120°,8	5°,8
47	$\frac{3}{16}$	2 ,63			115 ,5	122 ,3	6 ,8
48	$\frac{5}{16}$	2 ,51			116 ,5	131	14 ,5
49	$\frac{1}{2}$	1 ,72			118	135 ,4	17 ,4
50	$\frac{5}{8}$	1 ,42			118 ,6	135 ,4	16 ,8
51	$\frac{3}{4}$	1 ,21			119 ,2	137 ,6	18 ,4

De ces expériences se dégagent les conclusions suivantes :

1° La température de la paroi est toujours notablement plus élevée que la température moyenne de la vapeur ;

2° La température de la paroi augmente avec le degré d'admission ;

3° Que le fonctionnement ait lieu avec ou sans condensation, cela ne paraît exercer qu'une très faible influence sur la température de la paroi, toutes les autres conditions restant les mêmes ;

4° Une surchauffe restreinte de la vapeur n'exerce pas non plus d'influence notable sur la température de la paroi.

M. Donkin a fait également un certain nombre d'essais avec chemises de vapeur enveloppant partiellement ou

totalement le cylindre. Il en résulte que les parois chemisées ont une température ne différant que de 2 ou 3° de la température maxima de la vapeur. Donc, quand les enveloppes sont remplies avec la vapeur de la chaudière, les parois sont sensiblement aussi chaudes que la vapeur.

MM. Callendar et Nicolson ont effectué tout récemment (*) des expériences sur le même objet en perfectionnant la méthode de Donkin par l'emploi de thermomètres électriques concurremment avec celui des thermomètres ordinaires. Ils opéraient sur une machine à un cylindre ayant $0^m,2667$ de diamètre et $0^m,3048$ de course, muni d'une distribution à double tiroir du type Porter. La température de la paroi à différentes profondeurs était relevée à l'aide de couples thermo-électriques établis de la façon suivante :

Les éléments du couple sont constitués par la fonte du cylindre lui-même et des fils de fer forgé ; les trous sont forés dans le métal à des distances de la surface intérieure soigneusement mesurées. Les fils de fer, dûment isolés, sont reliés à deux rondelles de fonte prises au fond du trou, ce qui constitue la jonction chaude. La jonction froide est faite aussi avec des rondelles découpées dans un barreau de fonte provenant de la même coulée que la fonte du cylindre. Sur le circuit est intercalé un galvanomètre et, les observations devant être recueillies en un temps très court, on emploie la méthode de compensation de Poggendorf. Le bain de paraffine contenant la jonction externe est maintenu à ou très près de 100°, par une chemise de vapeur à la pression atmosphérique. La fermeture du courant à un moment quelconque et pour une petite fraction de la durée d'un tour est obtenue au moyen d'une paire de brosses tournant devant un

(*) *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. CXXXI, session 1897-98 : On the Law of Condensation of Steam.

disque en bois sur lequel sont disposés des secteurs en cuivre qu'on peut relier à volonté au circuit. Avec une durée de contact de seulement $\frac{1}{30}$ de seconde, il est possible de lire le galvanomètre à près de $\frac{1}{10}$ de degré.

D'après des expériences préalables destinées à déterminer les coefficients de la formule donnant la force électromotrice, E, du couple en fonction de la température (t° centigrades) de la jonction chaude, l'autre jonction étant à 100°, on avait :

$$E = 1692 - 17{,}86t + 0{,}0596t^2, \text{ en microvolts.}$$

On employa aussi une méthode différentielle dans laquelle le circuit thermo-électrique se compose simplement d'une petite portion de fonte du cylindre et de deux fils de fer en contact à différentes profondeurs, avec le métal, en des points qui sont à peu près à la même température moyenne. On observait ainsi de faibles différences de température, ce à quoi est très apte la méthode thermo-électrique.

Relativement à la température des parois, dont l'épaisseur était de 25 millimètres, il fut constaté que, à la vitesse de 42 tours par minute, la température cesse de varier d'une façon sensible à la profondeur de 10 à 12 millimètres à partir de la surface intérieure. A une profondeur de 1 millimètre et pour des vitesses comprises entre 43 et 100 tours, la variation de température constatée oscille entre 2° et 6°, suivant les cas, d'où les auteurs concluent que les variations de température sur la surface intérieure des cylindres doivent être relativement faibles. Je reviendrai plus loin sur ce point et sur la théorie que les auteurs en ont déduite. Quant à la température fixe de la paroi, elle est donnée pour quelques-uns des essais dans le tableau suivant :

Admission et compression $\frac{1}{5}$. Vapeur saturée, sans condensation, sans chemises de vapeur.

NUMÉROS des essais	NOMBRE de tours par minute	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR D'APRÈS LE DIAGRAMME maxima	minima	TEMPÉRATURE moyenne de la vapeur	TEMPÉRATURE de la paroi	EXCÈS de la température de la paroi sur celle de la vapeur
1	100	160°	102°	116°	145°,4	29°,4
2	46	158	102	115°,5	139 ,2	23 ,7
3	73,4	165	102	117	148 ,7	31 ,7
4	43,9	165	102	117	150 ,7	33 ,7

On déduit de ces résultats les mêmes conclusions que de ceux obtenus par Donkin. La température moyenne de la paroi est notablement plus élevée que la température moyenne de la vapeur. Par conséquent, en se reportant à la démonstration du § IV, il apparaît comme nettement démontré que le pouvoir absorbant des parois ne peut être ni nul, ni constant, ni infini.

Remarquons, en outre, que la température moyenne à la surface de la paroi doit être égale à la température moyenne en un point quelconque en profondeur et, par suite égale à la température fixe. Cette proposition n'a plus rien à voir avec le pouvoir absorbant, et il est facile d'en reconnaître l'exactitude. En effet, admettant qu'on connaisse le cycle des températures T à la surface, la propagation de la chaleur dans la paroi s'en déduit par l'équation (9) du § III, où il suffit de remplacer θ par T, et par suite, le raisonnement fait au § IV démontre la proposition ci-dessus.

Ceci nous amène à remarquer que, dans les cycles de température de parois donnés par MM. Callendar et Nicolson dans leur mémoire, la température moyenne de ces cycles semble différer en plusieurs cas notablement de la

température fixe de la paroi. Ainsi, dans l'exemple de la *fig.* 6 de ce mémoire, la courbe des températures du métal à la profondeur de 1 millimètre se trouve tout entière au-dessus de la droite représentant la température fixe de la paroi. Comme cela est impossible d'après la proposition ci-dessus, que, d'autre part, le refroidissement extérieur, dont cette proposition ne tient pas compte, ne peut faire baisser la température de la paroi que d'un demi-degré centigrade au plus, d'après les observations de M. Callendar lui-même, il s'ensuit que les résultats des observations thermo-électriques portant sur les températures de la couche intérieure du métal sont sujets à caution et parfois inexacts, au point de vue de leur valeur absolue.

VI. **Définition du pouvoir absorbant.** — Les résultats et les conclusions que nous venons d'énumérer, et qui tendent, en somme, à augmenter l'incertitude qui règne sur le pouvoir absorbant des parois des cylindres, démontrent la nécessité de définir nettement, avant d'aller plus loin, ce que nous entendons par pouvoir absorbant et aussi par pouvoir émissif des parois, ces deux grandeurs pouvant être très différentes l'une de l'autre.

« La conductibilité extérieure, dit Fourier (*Théorie analytique de la chaleur*, p. 7), d'un corps solide dépend de la facilité avec laquelle la chaleur en pénètre la surface et passe de ce corps dans un milieu donné, ou passe du milieu dans le solide. »

Et plus loin (p. 18) :

« Supposons qu'un corps terminé par une surface plane d'une certaine étendue (1 mètre carré) soit entretenu d'une manière quelconque à une température constante de 1°, commune à tous ses points, et que la surface dont il s'agit soit en contact avec l'air, maintenu à la température zéro ; il s'écoulera par la surface, pendant un temps déterminé (1 seconde), une certaine quantité de chaleur désignée

par h. Cette valeur h, d'un flux continuel et toujours semblable à lui-même, qui a lieu pour une unité de surface à une température fixe, est la mesure de la conductibilité extérieure du corps, c'est-à-dire de la facilité avec laquelle sa surface transmet la chaleur à l'air atmosphérique. »

Si la différence entre la température du corps et celle du milieu où il est plongé, au lieu d'être de 1°, est un nombre m de degrés, la quantité de chaleur traversant la surface du corps est sensiblement proportionnelle au nombre m, et par conséquent égale à hm, pourvu que m ait une faible valeur.

Il n'y aurait qu'à remplacer, dans la définition de Fourier, le mot « air » par le mot « vapeur » pour avoir la définition du coefficient de conductibilité extérieure d'une paroi métallique baignée par de la vapeur. Ainsi le nombre h serait la quantité de chaleur qui pénétrerait pendant une seconde, par une surface de 1 mètre carré d'un solide en fonte entretenu en tous ses points à une température de 100° par exemple et plongé dans de la vapeur à 101°. Pour que cette définition soit valable, il faut et il suffit que le flux h soit continuel et toujours identique à lui-même. Il le serait certainement, si rien n'était changé dans l'état du corps et de sa surface, ni dans celui de la vapeur. Mais, ainsi que M. Dwelshauvers-Dery me l'a fait justement observer, il ne saurait en être ainsi avec de la vapeur. Celle-ci, en cédant de sa chaleur, change d'état physique, car la cession de chaleur se traduit par la condensation d'une partie de la vapeur, et l'eau de condensation se précipite en totalité ou en partie sur la surface refroidissante. Il y a donc modification continuelle et de l'état de la source de chaleur et de l'état de la surface du solide. La définition donnée plus haut du flux de chaleur mesurant la conductibilité extérieure ou le pouvoir absorbant, ou encore la facilité avec laquelle la chaleur perdue par le mélange de vapeur et d'eau pénètre dans le solide,

n'est donc rigoureuse que si on la rapporte à un temps infiniment petit, pendant lequel on peut admettre qu'il n'y a pas de changement d'état des corps en présence. Si je mets en contact un solide toujours entretenu à 100° et de la vapeur toujours à 101°, pendant le premier instant infiniment petit, dt, une certaine quantité infiniment petite de chaleur, dq_1, passera dans le solide, et le rapport $\frac{dq_1}{dt} = h_1$ mesurera la facilité de l'échange, c'est-à-dire le pouvoir absorbant. Pendant un deuxième instant, dt, la chaleur transmise sera dq_2, et on aura $\frac{dq_2}{dt} = h_2$, etc. Le flux élémentaire de chaleur ne reste pas semblable à lui-même, puisque, par suite de la condensation de la vapeur et du dépôt d'une partie tout au moins de cette eau sur la surface du solide, l'état de cette surface et l'état physique de la vapeur changent d'un instant à l'autre ; il est, comme ces changements d'état, une fonction du temps, et le rapport $\frac{dq}{dt} = h$, qui est ainsi une fonction du temps, mesurera le pouvoir absorbant au temps t. Dans les conditions bien définies où nous nous sommes placés — solide maintenu à 100° et vapeur à 101° supposée sèche à l'origine du temps — il est clair que la fonction h est finie et déterminée.

Lorsque la différence de température entre la vapeur et le solide, au lieu d'être constante et égale à 1°, est quelconque, grande ou petite, et variable en fonction du temps, la quantité h sera aussi fonction de cette différence de température et, par suite, une fonction du temps différente de la précédente, mais présentant toujours le même caractère d'être finie et déterminée.

Le fait que la surface du solide peut se recouvrir graduellement d'une couche plus ou moins mince d'eau de condensation ne peut faire varier brusquement la fonction h ni la faire devenir infinie. On se trouve simplement en

présence d'un système composé de trois corps : vapeur, eau et solide, se cédant l'un à l'autre de la chaleur, et la facilité avec laquelle la chaleur pénétrera dans le solide aura pour limite le coefficient de conductibilité extérieure entre eau et métal, qui a une valeur élevée, mais qui n'est pas infini. L'exactitude de ces vues se trouve confirmée par ce que nous avons dit aux §§ III et IV touchant l'impossibilité qu'il y a à ce que la surface intérieure des parois soit à la même température que la vapeur.

En résumé, étant donné un solide dont la surface est à une température T, chauffé par de la vapeur dont la température est θ, T et θ étant des fonctions du temps, le flux de chaleur élémentaire au temps t aura pour valeur :

$$dq = (\theta - T)\,\psi(t)\,dt,$$

et cette fonction $\psi(t)$, que nous désignerons toujours par h, qui est d'ailleurs inconnue, sera appelée le pouvoir absorbant de la surface du solide.

C'est par nécessité que nous introduisons dans la théorie de la machine à vapeur cette notion, malheureusement un peu complexe, du pouvoir absorbant. Cette théorie a pour but, entre autres choses, de calculer la chaleur perdue du fait de la perméabilité de parois métalliques. Il faut pour cela connaître les variations de température de la paroi à diverses profondeurs. Or ce problème est indéterminé, si on ne connaît pas les variations de température à la surface. Il a été plus commode que vrai d'admettre tantôt que cette surface se trouvait constamment à la même température que la vapeur, tantôt qu'elle ne subissait aucune variation de température, hypothèses extrêmes démenties toutes deux par les faits. En réalité, la condition remplie par la surface est complexe et représentée par l'équation (2) du § I :

$$K\left(\frac{dV}{dx}\right)_X = h\,(\theta - T).$$

dans laquelle h n'est pas une constante, mais une fonction du temps, ne pouvant d'ailleurs être déterminée que par l'expérience.

VII. **Notions sur la variation du pouvoir absorbant.** — Considérons une paroi chauffée par de la vapeur dont le diagramme est θ et la température moyenne θ_m. Sur la surface de la paroi, on aura un cycle de températures T inconnu; mais on connaît sa température moyenne T_m, qui n'est autre que la température fixe de la paroi, facile à mesurer expérimentalement.

La quantité de chaleur échangée avec la paroi est à chaque instant : $h(\theta - T)\,dt$. Tant qu'on a $\theta > T$, il y a chaleur cédée à la paroi, par exemple de 0 à t; et quand on a $\theta < T$, par exemple de t à t_1, la paroi restitue de la chaleur. La somme de ces deux échanges est nulle, car la paroi restant à une température fixe ne perd ni ne gagne au total de la chaleur. Donc :

$$\int_0^{t_1} h\,(\theta - T)\,dt = 0.$$

En décomposant cette intégrale en deux parties, on a :

$$\int_0^{t} h\,(\theta - T)\,dt = \int_t^{t_1} h\,(T - \theta)\,dt.$$

qui exprime que la chaleur cédée à la paroi de 0 à t est restituée par elle de t à t_1.

On peut poser :

$$\int_0^{t} h\,(\theta - T)\,dt = h_1 \int_t^{t} (\theta - T)\,dt,$$

h_1 étant le pouvoir absorbant moyen ; de même :

$$\int_t^{t_1} h\,(T - \theta)\,dt = h_2 \int_t^{t_1} (T - \theta)\,dt,$$

h_2 étant le pouvoir émissif moyen.

On aura :

$$(11) \qquad h_1 \int_0^{t} (\theta - T)\, dt + h_2 \int_{t}^{1} (\theta - T)\, dt = 0.$$

Or je dis qu'on a :

$$\int_0^{t} (\theta - T)\, dt + \int_{t}^{t_1} (\theta - T)\, dt < 0.$$

En effet cette inégalité peut s'écrire ainsi :

$$\int_0^{t_1} \theta dt - \int_0^{t_1} T dt = (\theta_m - T_m)\, t_1 < 0.$$

On sait que la température moyenne de la vapeur, θ_m, est toujours plus petite que la température moyenne, T_m, de la paroi. Donc, pour que l'équation (11) puisse être vraie, il faut qu'on ait :

$$h_1 > h_2.$$

Le pouvoir absorbant moyen de la paroi est supérieur à son pouvoir émissif.

On peut se faire, avec une approximation d'ailleurs assez grossière, une idée de la valeur des coefficients h_1 et h_2 en admettant, comme le fait M. Callendar, que l'écart des températures T sur la paroi est faible et qu'on peut remplacer la courbe T par la droite représentant la température moyenne T_m.

Par exemple, prenons l'expérience de Hirn du 8 septembre 1875. Le diagramme des températures de la vapeur est celui de la *fig.* 1 ci-contre. La température fixe de la paroi n'a pas été mesurée dans cet essai ; mais, par analogie avec l'essai n° 45 de Donkin, on trouve qu'elle devait être de 121°.

La quantité de chaleur perdue pendant l'admission s'élevait à $49^{cal},9$ pour une surface-couvercle de $0^{m^2},604$.

Le rôle de la paroi cylindrique découverte pendant l'admission est assez faible sans être négligeable, et la surface-couvercle ne condensait qu'un peu moins (environ $\frac{1}{5}$ en moins) de $49^{cal},9$.

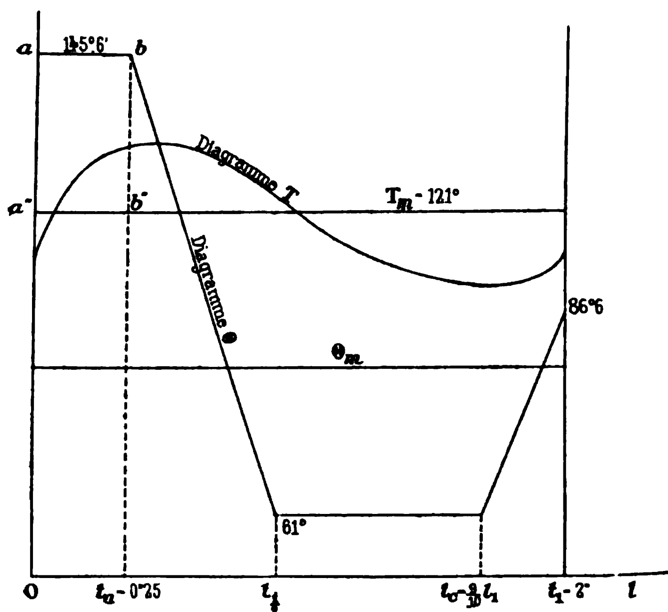


FIG. 1.

On a donc :

$$h_1 S (\theta - T_m) t_a = h_1 \times 0{,}604 \times \text{aire } aba'b' < 49^{cal},9 ;$$

d'où :

$$h_1 < 13^{cal},5.$$

Ainsi le pouvoir absorbant moyen pendant l'admission est voisin de $13^{cal},5$ par mètre carré, seconde et degré de différence entre les températures de la vapeur et de la surface.

On a de même, approximativement, en appelant σ l'aire totale comprise entre la courbe θ et la droite T_m :

$$h_2 \times 0{,}604\ [\sigma - \text{aire } aba'b'] = 49^{\text{cal}}{,}9,$$

d'où :

$$h_2 = 1 \text{ calorie.}$$

On obtient ainsi une première indication générale sur les valeurs relatives des coefficients moyens h_1 et h_2 ; le pouvoir émissif serait plus de dix fois plus petit que le pouvoir absorbant.

Ce n'est là, répétons-le, qu'une indication générale, car la courbe T doit différer notablement de la droite T_m ; ce qui le prouve, c'est que la restitution de chaleur à la vapeur pendant la détente commence bien avant le point d'intersection de la droite T_m avec le diagramme θ.

Il est clair que, si l'on connaissait d'une façon suffisamment approchée la courbe T, on pourrait refaire avec beaucoup plus d'exactitude un calcul analogue à celui ci-dessus afin de déterminer h, pendant chaque phase, en partant du diagramme des échanges obtenus par la méthode expérimentale de M. Dweslhauvers-Dery. Ainsi la détermination de h exige trois choses : 1° la connaissance du diagramme des échanges ou, ce qui revient au même, du diagramme entropique ; 2° celle de la température fixe de la paroi, qu'on obtient par la méthode de M. Donkin ; 3° celle du cycle des températures T sur la paroi. Pour ce dernier objet, M. Callendar a essayé d'employer une méthode expérimentale indiquée plus haut, mais qui ne paraît pas atteindre complètement le but, ainsi que nous l'expliquerons plus loin. On pourrait, croyons-nous, obtenir des résultats certains en combinant la voie mathématique à celle de l'expérience. Supposons, en effet, qu'on ait établi l'équation de la propagation de la chaleur dans

la paroi en résolvant les deux équations différentielles :

(12) $$\frac{dV}{dt} = k \frac{d^2V}{dx^2}$$

et :

(13) $$K \left(\frac{dV}{dx}\right)_X = h (\theta - T),$$

cette dernière étant l'équation de condition à la surface et h étant considéré comme une fonction quelconque inconnue du temps ; on aura ainsi une équation donnant la température V en un point quelconque de la paroi en fonction du temps t et de h :

$$V = \varphi (x, t, h).$$

L'expérience nous indique d'abord quelle est la température fixe V_0 de la paroi ; en faisant, dans V, $x = o$ et $t = o$, on a donc :

$$V_0 = \varphi (h, o, o),$$

première relation servant à déterminer h.

L'expérience nous indique aussi quelles sont les quantités de chaleur échangées entre la vapeur et la paroi. Cela nous donnera d'autres relations où h sera la seule inconnue. Il sera possible que ces relations soient difficiles à résoudre par rapport à h ; mais, en pratique, on pourra toujours y arriver d'une manière approximative.

J'ai d'abord résolu directement le problème, en partant des équations (12) et (13). L'intégrale générale, quand h est une fonction quelconque du temps, peut s'obtenir sans trop de difficultés, mais elle est d'une forme extrêmement compliquée et donne lieu à des calculs très longs. La solution peut s'obtenir par une deuxième méthode, indirecte il est vrai, mais plus facile à comprendre et à appliquer, et que seule nous exposerons.

CHAPITRE II.

Cycles de températures des parois.

VIII. **Méthodes des diagrammes fictifs.** — L'étude des cycles de températures des parois est basée sur ce fait qu'on peut obtenir d'une manière détournée la solution des deux différentielles fondamentales (12) et (13). Remarquons que la difficulté d'intégrer ces équations provient de ce que, dans le second membre de (13), se trouvent deux fonctions quelconques du temps, h et θ. On peut éliminer l'une d'elles, la fonction h, en posant :

$$(14) \qquad h(\theta - T) = H[\theta' - T],$$

H étant une constante, et θ' une nouvelle fonction du temps. En faisant cette substitution dans l'équation (13), on est ramené au cas où le pouvoir absorbant est constant, c'est-à-dire à l'intégrale (6) du § I.

Cela revient à remplacer le diagramme réel des températures θ de la vapeur par un diagramme fictif, θ', lequel produirait le même mouvement de chaleur dans la paroi avec un pouvoir absorbant constant, H, que le diagramme θ avec un pouvoir absorbant variable. Il est vrai que la fonction θ' dépend de la température T à la surface de la paroi, ce qui peut faire craindre qu'elle ne puisse être déterminée. Mais il n'en est rien, cela ne fait pas obstacle au succès de la méthode.

Si, en effet, nous remplaçons, dans l'intégrale (6) du § I, θ par θ', on sait qu'on peut prendre à la place du diagramme θ' un diagramme polygonal, d'un nombre de côtés aussi grand qu'on le voudra, et qu'on peut exprimer les températures V par des fonctions linéaires des températures des sommets dudit diagramme polygonal.

Nous aurons ainsi, pour les températures T sur la surface du mur, un système d'équations de la forme :

$$
(15) \quad \begin{cases} T_0 = \alpha_0 \theta'_0 + \beta_0 \theta'_a + \gamma_0 \theta'_d + \text{etc.} \\ T_a = \alpha_a \theta'_0 + \beta_a \theta'_a + \gamma_a \theta'_d + \text{etc.} \\ T_d = \alpha_a \theta'_0 + \beta_d \theta'_a + \gamma_d \theta'_d + \text{etc.} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \text{Etc.} \end{cases}
$$

Expliquons une fois pour toutes le système de notations employé. Nous prenons toujours comme diagramme polygonal substitué au diagramme vrai celui composé d'une droite pour chaque phase. Les indices dont sont affectées les lettres indiquent qu'il s'agit de la valeur s'appliquant à la fin de la phase correspondante. Ainsi l'indice *o* correspond au commencement du tour, l'indice *a* à la fin de l'admission, l'indice *d* à la fin de la détente, l'indice *e* à la fin de l'émission anticipée ou à la moitié du tour, l'indice *c* au commencement de la compression, et l'indice 1 à la fin du tour.

Nous avons donc un premier système (15), qui contient les inconnues T et θ', c'est-à-dire deux fois plus d'inconnues que d'équations. Mais la relation (14) nous donne un deuxième système :

$$
(16) \quad \begin{cases} h_0 (T_0 - \theta_0) = H (T_0 - \theta'_0) \\ h_a (T_a - \theta_a) = H (T_a - \theta'_a) \\ h_d (T_a - \theta_d) = H (T_d - \theta'_d) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \text{Etc.} \end{cases}
$$

Dans les deux systèmes (15) et (16) on peut éliminer les θ' et obtenir, par conséquent, les T en fonction des θ et des h. On arrive ainsi à la solution générale du problème.

Un cas particulier de cette méthode consiste à poser : $H = \infty$, ce qui revient à prendre comme diagramme

fictif le cycle T lui-même. La solution doit être alors déduite de l'équation (9) du § III où on remplace θ par T.

Prenons la dérivée par rapport à x de cette équation (9) et faisons-y : $x = X$; il vient, en posant :

$$\frac{(2p+1)\pi}{2X} = m,$$

$$-\left(\frac{dV}{dx}\right)_X = -\sum \frac{2}{X} \frac{e^{-km^2 t}}{1 - e^{-km^2 t_1}} \int_0^{t_1} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2 (t_1 - \tau)} d\tau$$

$$(17) \qquad - \sum \frac{2}{X} \int_0^{t} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2 (t-\tau)} d\tau.$$

On a ainsi en fonction de T le flux de chaleur $-K\left(\frac{dV}{dx}\right)_X$ qui pénètre à la surface de la paroi. Une autre expression de ce flux est : $h(T - \theta)$; on a donc :

$$(18) \qquad -K\left(\frac{dV}{dx}\right)_X = h(T - \theta).$$

La combinaison des équations (17) et (18) nous donne la relation cherchée entre T, h et θ.

Supposons, comme toujours, qu'on remplace le cycle T par une ligne polygonale d'un nombre quelconque de côtés et posons :

$$\varphi(t) = \sum \frac{2}{X} \frac{1}{1 - e^{-km^2 t_1}} \frac{e^{-km^2 t}}{km^2}$$

$$\psi(t) = \sum \frac{2}{X} \frac{e^{-km^2 t}}{km^2}.$$

Nous aurons, en effectuant les intégrations de l'équation (17) successivement entre deux sommets consécutifs du polygone T et en appelant t_i et t_{i+1} les temps correspondant à deux sommets consécutifs dont les tempé-

ratures sont T_i et T_{i+1} :

$$(19) \quad -\left(\frac{dV}{dx}\right)_X = -\sum \frac{T_{i+1} - T_i}{t_{i+1} - t_i} [\varphi(t + t_1 - t_{i+1}) - \varphi(t + t_1 - t_i) + \psi(t - t_{i+1}) - \psi(t - t_i)].$$

Il faut dresser préalablement et une fois pour toutes, étant donnée la durée d'un tour t_1, les tables des quantités φ et ψ. Ces valeurs sont données par des séries très convergentes, sauf pour $t = o$, cas particulier où on rencontre une série connue, la somme des inverses des carrés des nombres impairs.

On a en effet :

$$\psi(o) = \sum \frac{2}{X} \frac{1}{km^2} = \sum \frac{2}{X} \frac{1}{k} \frac{4X^2}{(2p+1)^2\pi^2} = \frac{8X}{k\pi^2} \sum \frac{1}{(2p+1)^2}.$$

Il faut donner à p les valeurs successives 0, 1, 2, 3, etc. On a donc :

$$\sum \frac{1}{(2p+1)^2} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \text{etc.}$$

Cette série connue (voir FOURIER, *Théorie analytique de la chaleur*, p. 161) a pour somme $\frac{\pi^2}{8}$.

Donc :

$$\psi(o) = \frac{X}{k}.$$

La quantité $\varphi(o)$ se déduit de la même série ; car, pour toutes les vitesses usuelles, le facteur $\frac{1}{1 - e^{-km^2t_1}}$ tend rapidement vers l'unité ; même pour $t_1 = 0^s,1$, ce qui correspond à une vitesse de dix tours par seconde, presque jamais atteinte, en pratique, dans les machines à piston, ce facteur diffère infiniment peu de l'unité au vingtième terme ; au delà, les termes de la série $\psi(o)$ sont les mêmes que ceux de la série $\varphi(o)$.

Finalement, si on appelle T_0, T_a, T_d, etc., les températures du cycle polygonal T, et $\frac{F_0}{K}$, $\frac{F_a}{K}$, etc., les valeurs de $-\left(\frac{dV}{dx}\right)_X$, on pourra, en appliquant l'équation (19), établir un système d'équations fondamentales du type suivant :

$$(20)\qquad \begin{cases} \frac{F_0}{K} = \alpha_0 T_0 + \beta_0 T_a + \gamma_0 T_d + \dots \\ \frac{F_a}{K} = \alpha_a T_0 + \beta_a T_a + \gamma_a T_d + \dots \\ \dots\dots\dots\dots \end{cases}$$

On a, d'autre part, d'après (18),

$$(21)\qquad \begin{cases} \frac{F_0}{K} = \frac{h_0}{K}(T_0 - \theta_0) \\ \frac{F_a}{K} = \frac{h_a}{K}(T_a - \theta_a) \\ \dots\dots\dots \\ \text{Etc.} \end{cases}$$

En substituant dans (20) les valeurs de F données par (21), on a un système de p équations linéaires contenant p inconnues T et aussi p inconnues h.

Le problème reste indéterminé au point de vue mathématique, puisqu'il y a deux fois plus d'inconnues que d'équations. C'est ici qu'il faut recourir à l'expérience pour achever de le déterminer.

Si, par une méthode expérimentale, nous parvenons à établir le diagramme des échanges de chaleur entre la vapeur et la paroi, donnant la quantité de chaleur Q échangée entre deux instants quelconques et notamment d'un sommet à l'autre du polygone représentant les températures T, nous pourrons déduire de l'équation (17) un

système d'équations de la forme :

$$(22) \quad \int_{t_i}^{t_{i+1}} \left[-\mathrm{K} \left(\frac{d\mathrm{V}}{dx}\right)_{\mathrm{x}} dt \right] = a_i\mathrm{T}_0 + b_i\mathrm{T}_a + c_i\mathrm{T}_d + .. = \mathrm{Q}_i :$$

et ces équations seront au nombre de $(p - 1)$.

On aura enfin l'équation qui manque encore par l'observation de la température fixe V_0 de la paroi. Sa formule mathématique s'obtient en faisant $x = o$ dans l'équation fondamentale (9) du § III, et on aura :

$$(23) \qquad \dot{\mathrm{V}}_0 = a'\mathrm{T}_0 + b'\mathrm{T}_a + c'\mathrm{T}_d - ... \text{etc.}$$

On obtient finalement un système de $2p$ équations linéaires contenant p inconnues en h et p inconnues en T ; le problème peut être considéré comme complètement résolu au point de vue théorique. En pratique, il est difficile de déterminer le diagramme des échanges d'une façon aussi parfaite qu'il le faudrait.

IX. **Application à un exemple.** — *Cycles de température à la surface des parois.* — Proposons-nous de faire l'application de la méthode précédente au cas représenté sur la *fig.* 2.

Le diagramme h est basé sur les valeurs approchées obtenues au § VII et sur d'autres tâtonnements qu'il est inutile de développer.

Soit :

$$t_1 = 1 \text{ seconde}, \quad t_a = \frac{1}{10} t_1, \quad t_d = \frac{4}{10} t_1, \quad t_e = \frac{t_1}{2}, \quad t_c = \frac{9}{10} t_1.$$

Faisons d'abord une remarque au sujet de la discontinuité du diagramme θ à la fin du tour. Le diagramme T ne peut être discontinu ; mais le diagramme θ ne l'est pas non

plus en réalité, car, quelque rapide que soit l'ouverture de la lumière d'admission, il n'est pas possible que la pression, et par suite la température, varient instantanément dans le cylindre d'une quantité finie.

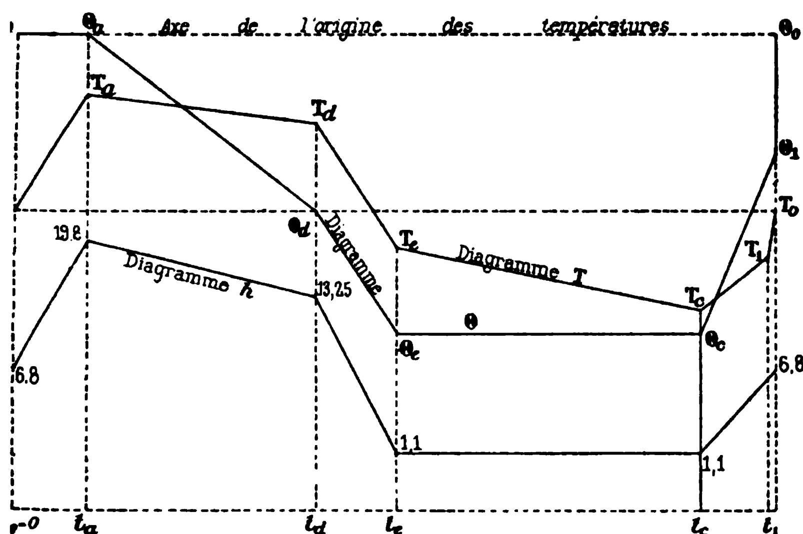


FIG. 2.

Si θ_1 est la température de la vapeur, au moment où cette ouverture commence, la vapeur du cylindre n'atteindra la température maxima θ_0 qu'au bout d'un temps très petit, mais appréciable, que nous évaluerons à $\frac{1}{100}$ de seconde. Ainsi, qu'il y ait ou non avance à l'admission, nous introduirons à la fin du tour une nouvelle phase, égale à cette avance, quand il y en a, et égale à $\frac{1}{100}$ de seconde, dans le cas contraire. C'est pendant cette nouvelle phase que la température varie de θ_1 à θ_0.

Les équations fondamentales du système (20) sont :

$$
(24)\left\{
\begin{array}{l}
0{,}394\ T_a+0{,}481T_d+1{,}1195T_e+4{,}116T_c+19{,}26\ T_1-25{,}37\ T_0=\frac{h_0}{X}(T_0-\theta_0) \\
-7{,}8466T_a+0{,}425T_d+0{,}83\ \ T_e+1{,}56\ T_c+\ 0{,}74\ T_1+\ 4{,}293T_0=\frac{h_a}{K}(T_a-\theta_a) \\
2{,}83\ \ T_a-4{,}413T_d+0{,}5145T_e+0{,}657T_c+\ 0{,}17\ T_1+0{,}2427T_0=\frac{h_d}{K}(T_d-\theta_d) \\
1{,}086\ T_a+5{,}77\ T_d-7{,}739\ T_e+0{,}565T_c+\ 0{,}14\ T_1+0{,}176\ T_1=\frac{h_e}{K}(T_e-\theta_e) \\
0{,}445\ T_a+0{,}556T_d+2{,}524\ T_e-3{,}715T_c+\ 0{,}083T_1+\ 0{,}107T_0=\frac{h_c}{K}(T_c-\theta_c) \\
0{,}394\ T_a+0{,}481T_d+1{,}1195T_e+6{,}042T_c-\ 8{,}102T_1+\ 0{,}07\ T_0=\frac{h_1}{K}(T_1-\theta_1)
\end{array}\right.
$$

Les trois premiers termes de la première et de la dernière de ces équations sont et doivent être les mêmes. On peut donc substituer à l'une d'elles la suivante, obtenue en les retranchant :

$$
-\ 1{,}926T_c+27{,}362T_1-25{,}44T_0=\frac{h_0}{K}(T_0-\theta_0)-\frac{h_1}{K}(T_1-\theta_1).
$$

Nous allons résoudre ce système en faisant les hypothèses suivantes sur les θ et les h.

$\theta_0 = \theta_a = o$, température constante pendant l'admission, adoptée comme zéro.

$\theta_e = \theta_c$, température constante pendant l'échappement proprement dit.

$$
\begin{aligned}
&\frac{h_a}{K}=\frac{19{,}86}{1{,}65}=12, \\
&\frac{h_d}{K}=\frac{13{,}2}{1{,}65}=8, \\
&\frac{h_e}{K}=\frac{h_c}{K}=\frac{1{,}1}{1{,}65}=0{,}666, \\
&\frac{h_0}{K}=\frac{h_1}{K}=\frac{6{,}8}{1{,}65}=4{,}1.
\end{aligned}
$$

La résolution du système (24) par rapport aux quanti-

tés T donne alors :

$$(24\ bis)\quad \begin{cases} T_0 = 0,3008\theta_d + 0,131\ \theta_e + 0,25\ \theta_1 \\ T_a = 0,15\ \theta_d + 0,058\ \theta_e + 0,03\ \theta_1 \\ T_d = 0,7024\theta_d + 0,03\ \theta_e + 0,054\ \theta_1 \\ T_e = 0,5624\theta_d + 0,113\ \theta_e + 0,044\ \theta_1 \\ T_c = 0,4004\theta_d + 0,2065\theta_e + 0,045\ \theta_1 \\ T_1 = 0,31\ \theta_d + 0,1318\theta_e + 0,3625\theta_1. \end{cases}$$

Quant à la température fixe de la paroi, elle est, comme on l'a démontré au § IV, égale à la moyenne des températures T à la surface ; on a donc, en se reportant au cycle T de la *fig.* 2,

$$V_0 = 0,05T_0 + 0,20T_a + 0,20T_d + 0,25T_e + 0,25T_c + 0,05T;$$

ou, en remplaçant les T par leurs valeurs (24 *bis*),

$$V_0 = 0,4209\theta_d + 0,0938\theta_e + 0,08\theta_1.$$

Nous obtenons ainsi la formule théorique de la température de la paroi ; nous allons vérifier si elle est d'accord avec l'expérience.

X. **Formule expérimentale de la température de la paroi.** — La température de la paroi a été, comme nous l'avons dit plus haut, observée expérimentalement par MM. Donkin et Callendar dans des conditions de marche assez variées. Ces expériences présentent cependant quelques lacunes, notamment l'influence de la compression, dont la durée était toujours constante, n'a pas été spécialement étudiée. On pourra néanmoins faire l'identification de la formule théorique, qui a la forme :

$$(A)\qquad V_0 = \alpha\theta_d + \beta\theta_e + \gamma\theta_1,$$

avec les résultats expérimentaux ; car, d'une part, la valeur de θ_1 varie quand on passe de la marche à condensation à celle sans condensation ; d'autre part, on pourra

s'appuyer sur ce que, dans les expériences de Donkin, la compression était d'un peu moins de 10 p. 100 de la course, tandis que, dans celles de Callendar, elle était de 20 p. 100.

En comparant la série I, à condensation (voir § V), des expériences de Donkin, avec la série III, sans condensation, on constate que la marche à condensation ne diminue que légèrement la température de la paroi par rapport à ce qu'elle est dans la marche sans condensation, toutes choses égales d'ailleurs.

D'après ces expériences, la diminution de la température de la paroi ne serait que de 3° à 4° environ, pour une augmentation de 20° à 30° à la fois dans l'écart θ_c et dans l'écart θ_1. Comme le terme $\alpha\theta_d$, qui ne dépend que du rapport de détente, reste le même avec et sans condensation, on en conclut, en écrivant dans les deux cas les formules (A) et en les retranchant l'une de l'autre, qu'on a approximativement :

$$\beta + \gamma = 0,15.$$

Chacun de ces coefficients aurait, d'ailleurs, pour valeur approximative :

$$\beta = 0,10,$$
$$\gamma = 0,05.$$

En adoptant ces valeurs, identifions la formule (A) avec l'expérience n° 46 (série 3), dont les données sont :

$$V_0 = 144° - 120°,8 = 23°,2$$
$$t_a = 0,115 t_1 \qquad \text{et} \qquad t_1 = 0^s,2727$$
$$\theta_c = \theta_d = 144° - 102° = 42°$$
$$\theta_1 = 144° - 120° = 24°.$$

On a :

$$V_0 = 23°,2 = \alpha\theta_d + \beta\theta_c + \gamma\theta_1 = \alpha.42 + 0,10 \times 42 + 0,05 \times 24;$$

d'où :

$$\alpha = 0,42.$$

L'identification avec l'expérience n° 49 (série 3) donne :

$$
\begin{aligned}
V_0 &= 144^\circ - 135^\circ,4 = 8^\circ,6 \\
t_a &= 0,25 t_1 \\
\theta_d &= 144 - 125^\circ,2 = 18^\circ,8 \\
\theta_e &= 144 - 120^\circ = 42^\circ \\
\theta_1 &= 144^\circ - 120^\circ = 24^\circ
\end{aligned}
$$

$$V_0 = 8^\circ,6 = \alpha .18^\circ,8 + 0,10 \times 42 + 0,05 \times 24$$

$$\alpha = 0,17.$$

Ainsi, pour $t_a = \frac{1}{10} t_1$, le coefficient α de θ_d serait environ 0,42, et, pour $t_a = \frac{1}{4} t_1$, il serait de 0,17. Ces coefficients sont, d'ailleurs, sensiblement indépendants de la vitesse et ne dépendent que du rapport de détente.

D'après les expériences de M. Callendar, dans lesquelles $t_a = 0,185 t_1$, le coefficient α serait de 0,30 environ. Il s'ensuit qu'en admettant que α varie linéairement avec le rapport $\frac{t_a}{t_1}$ on aurait sensiblement :

$$\alpha = 0,58 - 1,5 \frac{t_a}{t_1}.$$

Ainsi la formule expérimentale serait :

$$V_0 = \left(0,58 - 1,5 \frac{t_a}{t_1}\right) \theta_d + 0,10 \theta_e + 0,05 \theta_1.$$

Pour $\frac{t_a}{t_1} = \frac{1}{10}$, cette formule concorde complètement avec la formule théorique donnée à la fin du paragraphe précédent. Il est donc probable que le diagramme *h* de la *fig.* 2 est très voisin de la réalité.

En construisant la courbe des températures T du système (24 *bis*), on remarque que, dans certains cas, lorsque la température θ_d de la fin de la détente est voisine de la température θ_e de l'émission, la courbe T se

relève à partir de T_d, bien que la paroi ne cesse pas d'être refroidie pendant l'échappement. Ce résultat paraît paradoxal, mais s'explique néanmoins sans difficulté. Le pouvoir émissif *h* diminuant rapidement, il en est de même du flux de chaleur sur la surface, qui peut dès lors devenir, pendant un certain temps, inférieur au flux de chaleur en profondeur; il s'ensuit que la tranche de métal de la surface reçoit de l'intérieur plus de chaleur qu'elle n'en perd, et sa température s'élève au lieu de continuer à diminuer.

Ces conséquences théoriques ont été vérifiées récemment par des expériences effectuées au Sibley College par M. E.-T. Adams (*). Dans ces expériences, très analogues à celles de MM. Callendar et Nicolson, la température de la face intérieure de la paroi est mesurée par un thermo-couple, inséré à $\frac{1}{4}$ de millimètre de profondeur, agissant sur un galvanomètre très sensible dont l'aiguille porte un miroir projetant des rayons lumineux sur la plaque d'un appareil photographique. Au moyen d'un dispositif particulier, on arrive à obtenir, en épreuve, la courbe des déplacements de l'aiguille du galvanomètre en fonction du temps, qui n'est autre que celle des températures de la paroi pendant la durée d'une révolution. Ces courbes de températures présentent la particularité singulière et inattendue que la température atteint son minimum très peu de temps après l'ouverture de l'échappement et remonte ensuite légèrement pendant l'échappement proprement dit.

Cette vérification d'un phénomène, qui est la conséquence de la théorie exposée plus haut, démontre d'une nouvelle façon l'exactitude de l'hypothèse relative à la

(*) *Transactions of the American Society of mechanical Engineers*, 1895, p. 445.

diminution très rapide du pouvoir émissif de la paroi, dès l'ouverture de l'échappement.

XI. Cycles de température dans l'intérieur des parois. — On les détermine en appliquant l'équation générale (9) du § III, qui est, en posant $\frac{(2p+1)\pi}{2X} = m$,

$$(9\ bis)\quad V - T = -\sum \frac{\pm 4}{(2p+1)\pi} \cos mx \frac{e^{-km^2t}}{1 - e^{-km^2t_1}} \int_0^{t_1} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t_1-\tau)} d\tau$$

$$- \sum \frac{\pm 4}{(2p+1)\pi} \cos mx \int_0^{t} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t-\tau)} d\tau.$$

La valeur $x = X = 25$ millimètres correspond à la surface intérieure de la paroi en contact avec la vapeur, il suffit de faire $x = 24$ millimètres, 23 millimètres, etc., pour avoir les cycles de température à des profondeurs de 1 millimètre, 2 millimètres, etc., à partir de la face intérieure.

L'équation (9 *bis*) donne ainsi les températures V en profondeur en fonction des températures T à la surface. Le calcul s'effectue en faisant usage de fonctions φ et ψ analogues à celles dont il a été déjà parlé et dont l'expression est :

$$\varphi(t) = \sum \frac{\pm 4 \cos mx}{(2p+1)\pi} \frac{1}{1 - e^{-km^2t_1}} \frac{e^{-km^2t}}{km^2}$$

$$\psi(t) = \sum \frac{\pm 4 \cos mx}{(2p+1)\pi} \frac{e^{-km^2t}}{km^2}.$$

Les températures V étant obtenues en fonction des T, il faut d'abord obtenir ces dernières.

Faisons-en l'application à des diagrammes de θ et de h ne différant de ceux de la *fig.* 2 qu'en ce que les durées

de l'admission et de la compression sont de $\frac{2}{10}\,t_1$, au lieu de $\frac{1}{10}\,t_1$. Nous prenons ces nouvelles données, parce qu'elles coïncident avec celles des diagrammes de MM. Callendar et Nicolson, et en vue de comparaisons que nous effectuerons un peu plus loin.

Les équations fondamentales dans ce nouveau cas sont :

$$
(25)\left\{\begin{array}{l}
0{,}50\ \ T_a+0{,}3745T_d+0{,}7583T_e+2{,}881\ \ T_c+20{,}856T_1-25{,}37\ \ T_0=\frac{h^0}{K}(T_0-t_0) \\
-7{,}944\ T_a+0{,}296\ \ T_d+0{,}5055T_e+0{,}7085T_c+\ 0{,}528\ \ T_1+5{,}906\ \ T_0=\frac{h_a}{K}(T_a-t_a) \\
3{,}96\ \ T_a-5{,}5447T_d+0{,}3952T_e+0{,}6366T_c+0{,}31\ \ T_1+\ 0{,}2427T_0=\frac{h_d}{K}(T_d-t_d) \\
1{,}4254T_a+5{,}436\ \ T_d-7{,}846\ \ T_e+0{,}555\ \ T_c+0{,}2564T_1+\ 0{,}176\ \ T_0=\frac{h_e}{K}(T_e-t_e) \\
0{,}6308T_a+8{,}5609T_d+2{,}8305T_e-4{,}3225T_c+0{,}10\ \ T_1+\ 0{,}20\ \ T_0=\frac{h_c}{K}(T_c-t_c) \\
0{,}5023T_a+0{,}379\ \ T_d+0{,}754\ \ T_e+3{,}9214T_c-5{,}6211T_1+\ 0{,}0674T_0=\frac{h_0}{K}(T_1-t_1)
\end{array}\right.
$$

Et la résolution de ce système, en posant $h_0 = 13{,}25$, toutes les autres valeurs de h étant les mêmes que *fig.* 2, donne :

$$
(25\ bis)\left\{\begin{array}{l}
T_0 = 0{,}1398\theta_d + 0{,}0639\theta_c + 0{,}4058\theta_1 \\
T_a = 0{,}0828\theta_d + 0{,}0314\theta_c + 0{,}143\ \theta_1 \\
T_d = 0{,}6413\theta_d + 0{,}0322\theta_c + 0{,}033\ \theta_1 \\
T_e = 0{,}4512\theta_d + 0{,}111\ \theta_e + 0{,}084\ \theta_1 \\
T_c = 0{,}3466\theta_d + 0{,}2077\theta_e + 0{,}0987\theta_1 \\
T_1 = 0{,}1461\theta_d + 0{,}068\ \theta_c + 0{,}628\ \theta_1 \\
V_0 = 0{,}31\ \ \theta_d + 0{,}092\ \theta_c + 0{,}144\ \theta_1.
\end{array}\right.
$$

Cherchons maintenant les températures V à diverses profondeurs à partir de la surface intérieure. Nous nous bornerons à les calculer pour $t = t_c = \frac{8}{10}\,t_1$, commencement de la compression, et pour $t = t_a = \frac{2}{10}\,t_1$, fin de

l'admission. Nous aurons ainsi à peu près les écarts extrêmes des températures, puisqu'on sait d'avance que les échanges de chaleur changent de sens peu après la fin de l'admission et peu après le commencement de la compression.

On trouve les valeurs suivantes :

Profondeur de 1 millimètre.

$$V_a - T_a = -0{,}283\ T_a + 0{,}0293 T_d + 0{,}0496 T_e + 0{,}0932 T_c + 0{,}067 T_1 + 0{,}0422 T_0$$
$$V_c - T_c = 0{,}0639 T_a + 0{,}0523 T_d + 0{,}1806 T_e - 0{,}3258 T_c + 0{,}026 T_1 + 0{,}003\ T_0.$$

Profondeur de 2 millimètres.

$$V_a - T_a = -0{,}4916 T_a + 0{,}06\ T_d + 0{,}06\ T_e + 0{,}18\ T_c + 0{,}07 T_1 + 0{,}1196 T_0$$
$$V_c - T_c = 0{,}1201 T_a + 0{,}1298 T_d + 0{,}193 T_e - 0{,}504 T_c + 0{,}03 T_1 + 0{,}03\ T_0.$$

Profondeur de 5 millimètres.

$$V_a - T_a = -0{,}783 T_a + 0{,}119 T_d + 0{,}188\ T_e + 0{,}275\ T_c + 0{,}14\ T_1 + 0{,}062 T_0$$
$$V_c - T_c = 0{,}232 T_a + 0{,}159 T_d + 0{,}2507 T_e - 0{,}7647 T_c + 0{,}082 T_1 + 0{,}043 T_0.$$

Profondeur de 10 millimètres.

$$V_a - T_a = -0{,}7888 T_a + 0{,}153\ T_d + 0{,}205 T_e + 0{,}248\ T_c + 0{,}096 T_1 + 0{,}086 T_0$$
$$V_c - T_c = 0{,}2509 T_a + 0{,}1554 T_d + 0{,}198 T_c - 0{,}7654 T_c + 0{,}101 T_1 + 0{,}07\ T_0.$$

De la comparaison des quatre dernières formules, il résulte que, à 5 millimètres de profondeur, les températures V_a et V_c, qui donnent l'écart total du cycle, sont déjà très voisines ; à 10 millimètres de profondeur, elles sont très sensiblement égales, à une petite fraction de degré près. On a ainsi la mesure de la profondeur à laquelle pénètrent les ondes de chaleur échangées avec la vapeur par la surface intérieure. Cette profondeur dépend de la vitesse, ici égale à 1 tour par seconde, de la durée de l'admission et des températures T sur la surface ou plutôt des différences entre ces températures. En sorte que plus grand est l'écart sur la surface, plus la chaleur pénètre profondément.

En fonction de θ, on a pour les valeurs V :

Profondeur de 1 millimètre.

$$V_a - T_a = 0{,}0643\theta_d + 0{,}03266\theta_e + 0{,}038\ \theta_1$$
$$V_c - T_c = 0{,}0112\theta_d - 0{,}04215\theta_e + 0{,}0145\theta_1.$$

Profondeur de 2 millimètres.

$$V_a - T_a = 0{,}1142\theta_d + 0{,}043\ \theta_e + 0{,}047\ \theta_1$$
$$V_c - T_c = 0{,}0152\theta_d - 0{,}07148\theta_e + 0{,}0189\theta_1.$$

Profondeur de 5 millimètres.

$$V_a = 0{,}3035\theta_d + 0{,}10215\theta_e + 0{,}19\theta_1$$
$$V_c = 0{,}3334\theta_d + 0{,}097\ \theta_e + 0{,}15\theta_1.$$

Pour rendre tangibles ces résultats, nous allons prendre un exemple. Supposons que la température de régime θ_0 soit de 164°, et qu'on ait pour les θ :

$$\theta_d = 164^\circ - 128^\circ = 36^\circ,\quad \theta_e = 164^\circ - 101^\circ = 63^\circ,\quad \theta_1 = 164^\circ - 149^\circ = 15^\circ.$$

L'application des formules (25 *bis*) donne d'abord pour la température fixe de la paroi : $V_0 = 19^\circ{,}5$, c'est-à-dire 144°,5, en reprenant le zéro ordinaire, et pour les températures à la surface :

$$T_0 = 15^\circ{,}06 \text{ ou } 148^\circ{,}94,\qquad T_a = 7^\circ{,}1 \text{ ou } 156^\circ{,}9,$$
$$T_d = 25^\circ{,}45 \text{ ou } 138^\circ{,}55,\qquad T_e = 24^\circ{,}5 \text{ ou } 139^\circ{,}5,$$
$$T_c = 27^\circ \text{ ou } 137^\circ,\qquad T_1 = 18^\circ{,}95 \text{ ou } 145^\circ{,}05.$$

L'écart total des températures extrêmes est de 19°,9.

Quant aux températures en profondeur, elles sont données dans le tableau suivant :

TEMPÉRATURES.

	A LA SURFACE	AUX PROFONDEURS DE :		
		1mm	2mm	5mm
$\theta_0 - V_a$	156°,9	152°,1	149°,4	144°,6
$\theta_0 - V_c$	137	139	140 ,7	144°,3
Écart total	19 ,9	13 ,1	8 ,7	0 ,3

Il est facile de construire, avec les nombres précédents, la courbe des températures extrêmes dans la paroi. La quantité totale de chaleur, Q, absorbée depuis le début de la compression jusqu'à la fin de l'admission, laquelle a pour expression :

$$\int \text{CD} dx \Delta \text{V},$$

C étant la capacité calorifique de la fonte et D sa densité, est donc égale au produit de l'aire $\int dx \Delta \text{V}$, comprise entre les courbes extrêmes V_a et V_c par le facteur

$$\text{CD} = 7,73 \times 0,113 = 0,8735.$$

On a ainsi avec les nombres du tableau précédent :

$$\text{Q} = 39,1 \times 0,8735 = 34^{\text{cal}},153$$

par mètre carré de surface baignée par la vapeur. La paroi absorbe donc $34^{\text{cal}},153$ par mètre carré. Cette quantité de chaleur est bien de l'ordre de grandeur indiqué par la pratique.

XII. **Cas où le pouvoir absorbant des parois resterait constamment très faible.** — Une question importante à examiner, c'est celle de savoir si la chaleur perdue par la vapeur pendant l'admission est bien réellement toute absorbée par les parois métalliques, conformément aux idées émises par Hirn, ou si, au contraire, suivant les idées de Zeuner, les parois n'en absorbent qu'une assez faible partie, le principal facteur des condensations étant alors une certaine quantité d'eau stagnante dans le cylindre. Si on veut bien se reporter à ce que nous avons dit au § I, la théorie que nous avons exposée jusqu'ici ne comporte qu'une seule hypothèse fondamentale, encore douteuse : celle de Hirn. Il y a donc un intérêt capital à essayer d'en

démontrer l'exactitude, de toutes les manières possibles. Un élément de cette démonstration, sur laquelle nous reviendrons plus loin, va nous être fourni par l'étude de la distribution des températures dans la paroi, pour le cas où le pouvoir absorbant reste toujours très faible.

Supposons, par exemple, qu'il soit, à chaque instant, dix fois plus faible que dans le diagramme de la *fig.* 2, et étudions le cas du diagramme θ de cette *fig.* 2 avec cette seule différence qu'il n'y a pas de compression.

On aura :

$$\frac{h_a}{K} = 1,2, \qquad \frac{h_d}{K} = 0,8, \qquad \frac{h_e}{K} = \frac{h_1}{K} = \frac{h_0}{K} = 0,06666.$$

Les équations fondamentales sont les suivantes :

$$(26)\left\{\begin{array}{l}
0,394\ T_a + 0,481\ T_d + 1,794 T_e + 22,7\ T_1 - 25,37\ T_0 = \frac{h_0}{K}(T_0 - \theta_0) \\
-7,8466 T_a + 0,425\ T_d + 1,116 T_e + 2,013 T_1 + 4,293\ T_0 = \frac{h_a}{K}(T_a - \theta_a) \\
2,83\ T_a - 4,413\ T_d + 0,635 T_e + 0,706 T_1 + 0,2427 T_0 = \frac{h_d}{K}(T_d - \theta_d) \\
1,086\ T_a + 5,7726 T_d + 7,635 T_e + 0,601 T_1 + 0,176\ T_0 = \frac{h_e}{K}(T_e - \theta_e) \\
0,394\ T_a + 0,486\ T_d + 2,322 T_e - 3,268 T_1 + 0,07\ T_0 = \frac{h_0}{K}(T_1 - \theta_1)
\end{array}\right.$$

La résolution de ce système, en remarquant que $\theta_1 = \theta_r$, puisqu'il n'y a pas de compression, donne :

$$(26\ bis)\left\{\begin{array}{l}
T_0 = 0,51506\theta_d + 0,10475\theta_e \\
T_a = 0,4497\ \theta_d + 0,091\ \theta_e \\
T_d = 0,5585\ \theta_d + 0,0776\ \theta_e \\
T_e = 0,534\ \theta_d + 0,0903\ \theta_e \\
T_1 = 0,5164\ \theta_d + 0,107\ \theta_e \\
V_0 = 0,516\ \theta_d + 0,0928\ \theta_e
\end{array}\right.$$

On voit d'abord qu'on obtient pour V_0 une valeur analogue à celle du système (24 *bis*) (§ IX). Le fait que la température fixe de la paroi est supérieure à la température

moyenne de la vapeur ne permet, en effet, de rien déduire au sujet des valeurs absolues de h, mais renseigne seulement sur les rapports qui doivent exister entre elles.

Dans le système (26 *bis*) il y a très peu d'écart entre les températures T; par suite, les fluctuations de température doivent cesser d'être perceptibles à une profondeur très petite de la paroi. En fait, dans le cas présent, la température ne varierait plus à 2 millimètres de profondeur. Or les expériences de MM. Callendar et Nicolson, celle de M. Donkin également, ont démontré le contraire; la chaleur pénètre à environ 1 centimètre de profondeur, pour des vitesses voisines de 1 tour par seconde (voir plus haut § V). Il faut donc que les valeurs absolues de h soient plus grandes que celles admises dans ce paragraphe. Ainsi se trouve confirmé le rôle prépondérant des parois métalliques. En outre, les expériences touchant la pénétration de chaleur en profondeur permettent de mesurer d'une nouvelle manière la valeur absolue du pouvoir absorbant.

Nous croyons qu'il paraîtra intéressant de résumer maintenant les observations de MM. Callendar et Nicolson ainsi que la théorie qu'ils en ont déduite, dont les conclusions ne laissent pas d'étonner quelque peu.

XIII. **Théorie de MM. Callendar et Nicolson.** — MM. Callendar et Nicolson ont effectué leurs expériences dans le courant de l'été 1895 au laboratoire de l'Université Mac Gill (Montréal). Nous avons exposé, dans le § V, les procédés expérimentaux des auteurs; ils consistent essentiellement dans l'observation des températures des parois et aussi de celles de la vapeur au moyen de couples thermo-électriques. On a ainsi déterminé les cycles de températures à diverses profondeurs descendant jusqu'à 1 millimètre et même jusqu'à $\frac{1}{4}$ de millimètre. La *fig.* 3 (qui est la reproduction de la *fig.* 5 du mémoire des auteurs) donne un exemple

d'un cycle de paroi. Les températures sont en degrés Fahrenheit sur cette *fig*. 3.

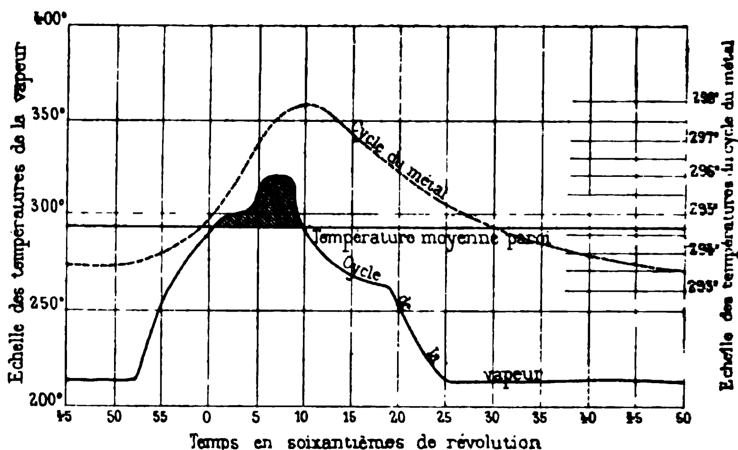


Fig. 3. — Vitesse, 100 tours par minute.
Cycle du métal à $\frac{1}{4}$ de millimètre de profondeur dans le couvercle.

Le tableau suivant indique, à titre d'exemple, quelques-uns des écarts totaux de températures observés.

ADMISSION	NOMBRE de tours par minute	POSITION ET PROFONDEUR de la thermo-jonction	TEMPÉRATURE maxima de la vapeur	ÉCART de température observé à la thermo-jonction	ÉCART de température calculé pour la surface
$\frac{1}{5}$	100	Dans le couvercle, à $0^{mm},25$ de profondeur	158°,73	2°,38	2°,82
$\frac{1}{5}$	102	Dans le couvercle à $0^{mm},25$ de profondeur	159 ,28	2 ,1	2 ,5
$\frac{1}{3}$	46	Dans le couvercle, à 1 millimètre de profondeur	155 ,95	3 ,4	5 ,2
$\frac{1}{3}$	77	Dans la surface cylindrique contre le couvercle à 1 millimètre de profondeur..	158 ,18	6 ,1	10 ,1
$\frac{1}{5}$	73,4	Dans le couvercle à 1 millimètre......	162	2 ,2	3 ,8
$\frac{1}{5}$	70,4	*id.* à $\frac{1}{4}$ de millimètre	168 ,16	3 ,1	3 ,7
$\frac{1}{1}$	43,8	Dans la surface cylindrique contre le couvercle à 1 millimètre	164 ,28	7 ,6	11 ,2

D'après cela, les variations de température à $\frac{1}{4}$ millimètre et 1 millimètre de profondeur seraient très faibles.

Suivant les auteurs, dans le cas où il y aurait variation harmonique simple de la température de la surface, c'est-à-dire au cas où cette température T aurait une expression de la forme : $T = A \cos 2\pi \frac{t}{t_1}$, t_1 étant la durée d'un tour, la courbe des températures extrêmes dans la paroi serait représentée par l'équation :

$$V = \pm A e^{-mx},$$

où : $m = \sqrt{\frac{\pi n c}{K}}$, n étant le nombre de tours par minute $\left(n = \frac{60}{t_1}\right)$, K le coefficient de conductibilité (*), et c la capacité calorifique.

Les courbes V, symétriques, montrent la valeur de la diminution de l'écart de température avec l'accroissement de la profondeur et permettent de trouver la longueur d'onde de l'oscillation de température. Par exemple, pour $A = 5^\circ{,}55$ (ou 10° Fahrenheit) et $n = 60$ tours, la longueur d'onde ou profondeur de pénétration serait de $12^{mm},7$. La quantité de chaleur absorbée par le métal est proportionnelle à l'aire comprise entre les deux courbes extrêmes, V.

En thèse générale, la variation de température à la surface n'est pas harmonique simple, mais peut être décomposée en harmoniques simples et représentée par une série, suivant la méthode de Fourier. De cette série on peut déduire, comme pour le cas de l'onde harmonique

(*) MM. Callendar et Nicolson ont effectué des expériences en vue de déterminer à nouveau la valeur du coefficient de conductibilité K de la fonte et ont trouvé que ce coefficient serait plus petit d'environ $\frac{1}{5}$ que la valeur généralement adoptée (0,000165).

simple, les variations de température en profondeur (et notamment le cycle des températures à 1 millimètre de profondeur), la profondeur de pénétration et la quantité de chaleur emmagasinée par le métal (*). On compare les cycles à 1 millimètre obtenus théoriquement avec ceux obtenus par expérience et on peut ainsi, d'après les écarts observés à 1 millimètre de profondeur, trouver les écarts à la surface et la quantité de chaleur, Q, absorbée.

La dernière colonne du tableau ci-dessus indique les écarts de température ainsi calculés pour la surface.

D'autre part, les auteurs admettent que la quantité de chaleur perdue par la vapeur est proportionnelle à la surface comprise entre le diagramme des températures de la vapeur et celui des températures à la surface de la paroi et que, comme ces dernières températures présentent peu d'écart avec la température moyenne de la paroi, on peut prendre, au lieu de la surface ci-dessus définie, celle comprise entre le diagramme de la vapeur et la ligne droite représentant la température moyenne de la paroi. Cette nouvelle surface, ombrée sur la *fig.* 3, est dénommée « l'aire de condensation ». Soit A cette aire. En la comparant, pour une série d'expériences, à la quantité de chaleur Q emmagasinée dans la paroi et calculée comme il a été dit plus haut, les auteurs trouvent que le rapport $\frac{Q}{A}$ est sensiblement constant et égal à 0,60.

Par conséquent, pour obtenir en pratique la quantité de chaleur cédée par la vapeur à la paroi, il suffit de mesurer l'aire de condensation comprise entre le diagramme de la vapeur et la température moyenne de la paroi et de multiplier cette aire par le coefficient 0,60.

La température moyenne de la paroi est toujours supérieure à la température moyenne de la vapeur. Donc

(*) Cette théorie n'est autre que celle de Kirsch.

l'aire de condensation réelle, A, a pour limite l'aire A_0 comprise entre le diagramme de la vapeur et la températarature moyenne de celle-ci. Dans une machine quelconque, la quantité de chaleur cédée par la vapeur a pour maximum le produit 0,60 A_0 appelé « condensation limite ».

Telle est, en substance, la théorie de MM. Callendar et Nicolson et sa conclusion principale.

Mais il se trouve, et les auteurs en font eux-mêmes la remarque, que les quantités de chaleur perdue par la vapeur, évaluées par la formule $Q = 0{,}60\,A$, ne sont pas d'accord avec les résultats de l'expérience et sont beaucoup plus petites que ceux-ci, même quand on prend la condensation limite. Il y a incompatibilité entre la formule et les expériences : ou celles-ci sont erronées, ou la formule est inexacte.

Pour essayer d'éclaircir cette question, MM. Callendar et Nicolson ont recherché s'il ne pourrait pas arriver qu'une partie de la perte de vapeur, attribuée à l'ordinaire exclusivement aux condensations, fût due à des fuites aux tiroirs de distribution. Ils ont donc fait des expériences en vue de déterminer l'importance de ces fuites sur leur machine munie d'une distribution à double tiroir équilibré du type Porter. Ces expériences consistaient, après avoir obturé avec des tampons les deux lumières d'admission, à actionner les tiroirs avec un moteur électrique de la même façon que dans le fonctionnement ordinaire à $\frac{1}{5}$ d'admission, le piston étant immobilisé et la vapeur étant admise dans la chapelle ; puis on mesurait la quantité de vapeur dépensée dans ces conditions. Il fut trouvé, en effet, qu'il y avait une notable dépense de vapeur, environ 2 kilogrammes par minute pour une pression de 6 kilogrammes dans la chapelle, et cette dépense subsiste, quelque bien ajustés que soient les tiroirs. D'autres expé-

riences effectuées avec un tiroir unique non équilibré et à large surface portante donnèrent des pertes environ cinq fois plus petites.

Il y a donc un coulage de vapeur d'une nature spéciale s'effectuant directement de la chapelle dans le tuyau d'échappement. Les auteurs l'expliquent ainsi : A l'état stationnaire, un tiroir est séparé de la glace par une mince couche d'huile interposée et qui suffit à faire un joint parfaitement étanche; mais, aussitôt que le tiroir se meut, la pellicule d'huile est brisée et dissipée. Le mouvement du tiroir expose à la vapeur une partie froide de la glace, sur laquelle une certaine quantité de vapeur se condense. Cette eau de condensation, sous les influences combinées de la pression de la vapeur et du mouvement du tiroir, chemine sous le tiroir pour aller se réévaporer dans le tuyau d'échappement. Étant donné que la viscosité de l'eau diminue très rapidement quand sa température augmente, il n'est pas improbable que la quantité d'eau qui peut s'écouler à travers une fissure donnée, sous une différence donnée de pression, puisse être de 20 à 50 fois plus grande que la quantité de vapeur qui peut s'écouler sous des conditions semblables. Cela expliquerait pourquoi le coulage de vapeur sous la forme d'eau serait si grand.

Ces observations sur un phénomène dont on ne soupçonnait pas jusqu'ici l'importance, ni même l'existence, nous paraissent fort justes et dignes d'attention.

Les auteurs remarquent, en manière de conclusion, que des distributeurs séparés d'admission et d'échappement doivent au point de vue des fuites, posséder un avantage marqué sur le tiroir ordinaire. Avec ces distributeurs séparés, il n'y a plus en effet fuite directe de la chapelle à l'échappement, et toute la perte de vapeur doit tenir aux condensations sur la surface intérieure du cylindre ; car, d'après MM. Callendar et Nicolson, les fuites au piston

sont toujours négligeables, quand il est bien ajusté. Or, même dans les machines à distributeurs séparés, la formule $Q = 0,60\,A$ donne un chiffre bien inférieur à la perte réelle. Cette formule est donc réellement inexacte.

Elle est basée sur l'observation des températures à une certaine profondeur, 1 millimètre par exemple, observation de laquelle il semble résulter que ces températures présentent de faibles écarts. Il est fort douteux que les résultats donnés par la méthode thermo-électrique soient bien exacts. Des pertes de courant et peut-être aussi des phénomènes de self-induction pour des durées de contact aussi courtes $\left(\frac{1}{30}\text{ de seconde}\right)$ paraissent difficiles à éviter et sont de nature à fausser les résultats. Il s'ensuit que les écarts de température constatés sont des minima et pas autre chose ; rien ne prouve que ces écarts ne fussent pas, en réalité, plus grands.

L'exemple étudié au § XI porte précisément sur un des essais de MM. Callendar et Nicolson et montre quels devaient être réellement les écarts de température.

Enfin la quantité de chaleur perdue par la vapeur n'est pas proportionnelle à l'aire de condensation comprise entre le diagramme de la vapeur et la droite représentant la température moyenne de la paroi.

S'il en était ainsi, il n'y aurait pas de perte de chaleur dans les cylindres munis d'enveloppes de vapeur ; car, dans ce cas, la température moyenne de la paroi est sensiblement égale à la température maxima de la vapeur, comme l'ont montré les expériences de M. Bryan Donkin, et, par suite, l'aire de condensation serait nulle. On sait, d'autre part, que les enveloppes de vapeur ne réalisent qu'une économie de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{4}$ au plus, et que les pertes de chaleur restent, par suite, très importantes, même quand il y a des chemises de vapeur.

En second lieu, on ne s'expliquerait pas pourquoi la même loi de proportionnalité ne s'appliquerait pas à la réévaporation. Or, comme la température moyenne de la paroi est plus élevée que la température moyenne de la vapeur, il s'ensuit que l'aire de réévaporation est beaucoup plus grande que l'aire de condensation, tandis qu'en réalité la réévaporation doit être égale à la condensation.

L'aire de condensation réelle, c'est-à-dire celle comprise entre le diagramme de la vapeur et celui des températures à la surface de la paroi, n'est pas non plus exactement proportionnelle à la quantité de chaleur Q absorbée par la paroi, puisque cette aire est $\int_0^{t_a}(\theta - T)\,dt$, tandis qu'on a : $Q = \int_0^{t_a} h(\theta - T)\,dt$, et que h n'est pas constant, ainsi qu'on l'a vu plus haut. Mais il est possible et même probable que cette proportionnalité est approximative et que dans la formule :

$$Q = \int_0^{t_a} h\,(\theta - T)\,dt = h_0 \int_0^{t_a} (\theta - T)\,dt = h_0 A$$

le pouvoir absorbant moyen h_0 soit sensiblement constant pour toutes les machines.

En résumé, les résultats obtenus par MM. Callendar et Nicolson démontrent l'action des parois métalliques et la théorie de ces auteurs, dans ses principes essentiels, ne diffère pas de celle que nous avons exposée dans les paragraphes précédents. Mais les résultats qu'ils ont obtenus ne sont visiblement que des minima, ne correspondant pas à la réalité. Ajoutons que les auteurs n'estiment pas qu'il puisse exister dans le cylindre une certaine quantité d'eau stagnante jouant un rôle dans les condensations et que les pertes de vapeur ne peuvent, d'après eux, être dues qu'à deux causes : 1° ou bien à

l'absorption de chaleur par les parois métalliques; 2° ou bien aux fuites.

CHAPITRE III.

Théorie des échanges de chaleur.

XIV. **Mécanisme de l'action des parois.** — Un fait, démontré expérimentalement pour la première fois par M. Bryan Donkin, est la base de la théorie de l'action des parois. Il consiste en ce que la température de la partie de la paroi, soustraite aux fluctuations de température de la vapeur, est fixe et plus élevée que la température moyenne de cette vapeur. Il s'ensuit, comme cela résulte de la démonstration faite au § IV, que, dans le cours d'une révolution, la vapeur considérée comme source de chaleur n'agit pas à chaque instant de la même façon sur la paroi; en d'autres termes, le coefficient qui mesure la perméabilité de la surface de la paroi, ou le pouvoir absorbant, est variable d'un instant à l'autre; il est plus élevé quand la vapeur est chaude que quand elle est froide et atteint sa valeur minima vers la fin de l'échappement. C'est, d'autre part, à ce moment-là que toute l'humidité déposée sur la paroi pendant l'admission s'est réévaporée. Ainsi, quand la paroi est sèche, le pouvoir absorbant est très petit; il augmente quand l'humidité déposée augmente, pendant la compression et l'admission, et il diminue, quand elle diminue, pendant la détente et l'échappement. Il y a donc une relation étroite entre la valeur du pouvoir absorbant et cette humidité, et on est amené à conclure que la variation du pouvoir absorbant dépend de la quantité d'humidité.

Le pouvoir absorbant dépend en effet de la nature des

corps en présence et de l'état de la surface qui les sépare. La nature de la vapeur ne change pas sensiblement, car l'expérience montre que l'eau de condensation provenant de la chaleur perdue par la vapeur ne reste pas à l'état de brouillard, mais se dépose sous forme de fines gouttelettes sur la paroi.

Pour que le pouvoir absorbant puisse varier dans des limites aussi étendues que celles que nous avons trouvées, il faut que ce soit dû au changement d'état de la surface.

Ce changement d'état est, du reste, connu, grâce aux belles expériences de M. Bryan Donkin (*).

Pendant l'admission de la vapeur, la paroi se recouvre immédiatement d'une très fine poussière blanche, puis de gouttelettes de $\frac{1}{10}$ à 4 millimètres de diamètre et quelquefois d'une couche très mince d'eau. A l'instant où la valve d'émission s'ouvre, il se produit une violente ébullition générale, qui assèche la paroi rapidement ; à la fin de l'émission, il reste un certain nombre de gouttelettes ; mais, entre elles, la paroi apparait complètement sèche.

Ainsi, lorsque l'admission commence (en admettant qu'il n'y ait pas de compression), la vapeur trouve une paroi à peu près sèche, dont le pouvoir absorbant a, par conséquent, une faible valeur, laquelle valeur est compensée par la grande différence de température qui existe entre la vapeur et la surface de la paroi refroidie par l'émission. En sorte que, malgré la faiblesse du pouvoir absorbant, le flux de chaleur $h(\theta - T)$ est assez élevé, et la paroi se couvre rapidement d'eau de condensation en poussière fine et en gouttelettes. Le pouvoir absorbant

(*) Experiments on the condensation of Steam in Cylinders of Iron and other Metals, by BRYAN DONKIN (*Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, session 1894-95). — Voir aussi *Revue Universelle de Liège*, t. XXI, 1893 : Sur les formes particulières prises par l'eau dans les cylindres de machines à vapeur, sur ses mouvements et son évaporation.

augmente de même rapidement, en même temps que diminue l'écart de température (θ — T) entre la vapeur et la surface. La condensation reste donc active pendant toute la durée de l'admission, bien que, avant la fin de l'admission, la température à la surface de la paroi soit très voisine de celle de la vapeur. Peu après le début de la détente, la température de la vapeur tombe au-dessous de celle de la paroi, le pouvoir absorbant reste très élevé, et il y a, par suite, réévaporation, presque dès le début de la détente; mais cette réévaporation est plus ou moins compensée par l'absorption des surfaces froides fraîchement découvertes. Leur action doit, du reste, être assez faible, parce qu'elles sont sèches. Au total, la vapeur peut regagner ou perdre (ce dernier cas étant exceptionnel) une certaine quantité de chaleur pendant telle ou telle période de la détente, suivant la valeur relative de l'action exercée, d'un côté, par les parois déjà chauffées, de l'autre, par les parois fraîchement découvertes. En tout cas, la réévaporation ne sera, en général. que partielle pendant la détente, et le pouvoir absorbant, ou plutôt émissif, des parois restera élevé. Il s'ensuit qu'au début de l'émission, instant où la température de la vapeur diminue brusquement, il y aura une réévaporation violente provenant de ce que, dans le produit $h(T - \theta)$, chacun des facteurs a une valeur élevée, et, peu de temps après l'ouverture de l'émission, la paroi aura perdu la plus grande partie de l'humidité qui la recouvrait. Plusieurs auteurs ont soutenu que la réévaporation, au début de l'émission, avait un caractère explosif. Cela est exagéré, parce que la réévaporation d'une certaine quantité d'eau ne peut avoir lieu que si on lui fournit la chaleur latente de vaporisation et que cette cession de chaleur de la part de la paroi ne saurait être instantanée. Elle est, à la vérité, très rapide; mais la réévaporation n'est pas tout à fait explosive. Pendant le restant de l'émission, le pouvoir

émissif de la paroi se rapproche de la valeur qu'il aurait en présence d'un gaz sec ; il est très petit et, par suite, la température à la surface de la paroi reste très supérieure à celle de la vapeur d'échappement.

Ainsi, la température à la surface de la paroi, presque égale à celle de la vapeur pendant l'admission et la détente, est plus élevée qu'elle pendant l'échappement. Il s'ensuit que la température moyenne sur la paroi, qui, comme on l'a démontré, est égale à la température fixe de la paroi, est notablement plus élevée que la température moyenne de la vapeur.

Ces explications sur le mécanisme de l'action des parois s'accordent parfaitement avec les idées émises, d'une autre façon, sur le même objet, par les savants de l'École alsacienne. « Dans les échanges de chaleur entre la vapeur et les parois, dit M. Dwelshauvers-Dery, il y a changement d'état physique de l'un des corps en présence, de la vapeur. Celle-ci se condense, devient eau et cède sa chaleur latente sans que sa température baisse. Ce n'est pas à la masse de vapeur que la chaleur est soustraite, ce n'est qu'à la couche adjacente au métal, et l'eau qui mouille le métal reste saturée, à la température de la vapeur d'où elle provient, faute de quoi elle condense la nouvelle couche de vapeur qu'elle touche. » L'échange de chaleur entre la vapeur et le métal s'effectue effectivement par l'intermédiaire de la couche d'eau interposée, et la propagation de l'eau au métal est réglée par le coefficient de conductibilité à la surface de séparation de ces deux corps, lequel est, comme on le sait, très grand. Mais il n'y a pas de l'eau sur toute la surface du métal ; car les gouttelettes qui la recouvrent sont séparées par des intervalles plus ou moins grands, où existe seulement une poussière fine qui joue évidemment un rôle beaucoup moins complet que si c'était une épaisseur d'eau appréciable. Par conséquent, sur certaines parties de la surface métallique, la

chaleur se propagera comme entre eau et métal, sur d'autres comme entre gaz ou vapeur humide et métal, et le flux de chaleur, sur l'ensemble de la surface, sera la somme de ces deux échanges partiels dont le premier est grand et l'autre petit. Le rapport de ce flux de chaleur à l'étendue totale de la surface, qui mesure la perméabilité, sera finalement limité, tant qu'une partie seulement de la surface sera couverte de gouttelettes, et il s'accroîtra avec le nombre de ces gouttelettes, c'est-à-dire avec la quantité d'eau condensée ou d'humidité déposée.

Le point de vue auquel se place l'École alsacienne nous amène ainsi à une conclusion déjà obtenue par une autre voie. Si l'on pouvait connaître à chaque instant l'étendue de surface métallique réellement recouverte par l'eau de condensation, il serait inutile d'avoir recours à la notion du pouvoir absorbant; mais, réciproquement, si on parvient à déterminer ce coefficient, on pourra se faire une idée de cette étendue et dénombrer la quantité de gouttelettes.

A la fin de l'émission, quand la paroi est à peu près sèche, fait admis théoriquement par Hirn et démontré expérimentalement par M. Bryan Donkin, la communication de chaleur a uniquement lieu comme du métal à un gaz et est très faible. Le métal ne se refroidit donc plus à la fin de l'émission, et la température à la surface reste notablement plus élevée que celle de la vapeur. Ce fait est confirmé par l'examen des échanges pendant la compression. Quand la durée de celle-ci est faible, 10 p. 100 au plus, bien qu'elle ait pour effet d'élever d'une vingtaine de degrés la température de la vapeur, il n'y a pas condensation de vapeur, mais, au contraire, cession de chaleur de la part du métal. La température à la surface de ce dernier est donc nécessairement d'une vingtaine de degrés plus élevée que celle de la vapeur d'échappement.

Lorsque l'École alsacienne dit : « Dans l'intérieur du

cylindre, la vapeur est tantôt chaude, tantôt froide, et le métal, recouvert d'une rosée saturée, prend avec une extrême rapidité la température de la vapeur soit qu'il lui emprunte de sa chaleur en la condensant partiellement, soit qu'il lui en restitue en évaporant la rosée qui le couvre », cela n'est qu'à moitié exact. Pendant la condensation, le métal prend en effet, avec une assez grande rapidité, une température voisine de celle de la vapeur; mais, pendant la réévaporation, cela n'est plus vrai. Quand la réévaporation est finie, ce qui a lieu peu de temps après le début de l'émission, la température du métal ne change plus sensiblement, et même peut se relever légèrement, comme on l'a vu, bien que celle de la vapeur baisse encore.

Sous ces réserves, il n'y a aucune contradiction entre la théorie de l'École alsacienne et celle que nous avons exposée.

L'hypothèse de Zeuner, à savoir que la plus grande partie de la chaleur perdue par la vapeur est absorbée par une certaine quantité d'eau présente en permanence dans le cylindre, est, au contraire, tout à fait inconciliable avec le fait que la perméabilité du métal varie considérablement pendant la durée d'une révolution.

D'abord l'eau ne saurait exister dans le cylindre qu'à l'état de pellicule mince recouvrant, à peu près uniformément, toutes les surfaces et non à l'état de masse compacte rassemblée dans les cavités des parties inférieures de l'espace nuisible. Car, dans ce dernier cas, cette eau serait trop facile à expulser; il suffirait de disposer convenablement les lumières d'échappement, et l'eau stagnante serait balayée au dehors tant par l'effet de son propre poids que par le torrent de vapeur. Il existe de nombreuses machines à quatre distributeurs où cette disposition est réalisée, où, par conséquent, il ne peut exister de masse compacte d'eau dans les fonds, sans que cependant

les condensations de vapeur soient moins importantes dans ces machines que dans celles munies d'une distribution par tiroir ordinaire. Il n'y a donc pas de masse d'eau compacte; mais il pourrait peut-être exister une pellicule mince d'eau sur toute la surface de l'espace nuisible. Si elle était le facteur principal des condensations, c'est que le pouvoir absorbant du métal resterait constamment très faible, par exemple de l'ordre de grandeur indiqué au § XII. Il devrait néanmoins varier dans des limites étendues, pour expliquer la température observée dans la partie fixe de la paroi. Pour quelle raison varierait-il? Ce ne pourrait plus être à cause de la variation de l'état de la surface du métal, puisque cette surface serait uniformément recouverte d'une pellicule d'eau, dont le poids devrait être bien supérieur à celui de l'eau de condensation proprement dite et dont cette dernière eau ne ferait pas varier sensiblement l'épaisseur. L'état de la surface étant constant, sa perméabilité devrait l'être également et, comme elle règne entre eau et métal, elle devrait être constamment grande et non constamment petite. Il y a donc incompatibilité absolue entre l'hypothèse de Zeuner et le fait que la température fixe de la paroi est supérieure à la température moyenne de la vapeur.

Les expériences de M. Bryan Donkin montrent, d'autre part, comme nous l'avons déjà dit, que la paroi est sèche à la fin de l'émission.

La valeur élevée qu'on est conduit à attribuer au pouvoir absorbant (environ 20 calories par mètre carré, seconde et degré, vers la fin de l'admission) a soulevé, de la part de M. Anspach (*), une objection qu'il est intéressant de signaler. D'après M. Anspach, si le pouvoir absorbant était aussi élevé que cela est nécessaire pour expliquer les condensations par l'action du métal seul, il s'ensuivrait

(*) Le rôle de l'eau dans les cylindres (*Revue universelle de Liège*, 1892).

que les tôles de chaudière ne devraient pas rougir quand elles sont dégarnies d'eau et en contact avec la vapeur seule. Cette objection tombe d'elle-même, après ce que nous avons dit du rôle de l'humidité qui s'interpose entre la vapeur et le métal : quand cette humidité a disparu et que la paroi est complètement sèche, ce qui est le cas des tôles de chaudières en contact avec la vapeur seule, le pouvoir absorbant ou émissif devient très petit. Il ne varie, en effet, qu'entre $0^{cal},1$ et $0^{cal},3$ par degré, mètre carré et seconde, pour une paroi sèche en fonte en contact avec de la vapeur peu humide ou de l'air.

Il suit de là que, lorsqu'on emploie de la vapeur surchauffée, il n'y aurait pas ou très peu d'échanges de chaleur, si cette surchauffe était suffisante pour qu'il n'y eût aucun dépôt d'humidité sur la paroi. En réalité, on n'a jamais pu employer pratiquement une vapeur suffisamment surchauffée pour obtenir ce résultat. On aperçoit quand même clairement l'avantage qu'il y a à utiliser la surchauffe, puisqu'elle a pour effet certain de diminuer, dans une certaine mesure, la perméabilité de la paroi.

En résumé, nous pensons qu'il résulte des observations qui précèdent et qui sont basées non sur des hypothèses, mais sur des faits scientifiquement interprétés, que l'absorption de chaleur est réellement due à l'action des parois métalliques seules, qui sont plus ou moins perméables suivant la quantité d'humidité déposées sur elles.

XV. **Formule théorique des échanges.** — La notion du pouvoir absorbant nous a été indispensable pour analyser le mécanisme intime des condensations ; mais nous pouvons maintenant nous en passer dans la recherche du quantum des échanges de chaleur et nous servir simplement de l'expression (17) du § VIII, donnant la valeur du flux F sur la surface en fonction des températures T.

On a :

$$\frac{F}{K} = -\left(\frac{dV}{dx}\right)_X = -\sum \frac{2}{X} \frac{e^{-km^2t}}{1 - e^{-km^2t_1}} \int_0^{t_1} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t-\tau)}\, d\tau$$

$$(1) \qquad - \sum \frac{2}{X} \int_0^{t} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t-\tau)}\, d\tau.$$

La quantité de chaleur échangée dans un intervalle de temps donné, par exemple de 0 à t_a, s'obtiendra en calculant $\int_0^{t_a} F dt$.

L'intégrale du premier terme U de l'équation (1) est facile à trouver, puisque le facteur e^{-km^2t} seul dépend de t.

On a :

$$\int_0^{t_a} U dt = -\sum \frac{2}{X} \frac{1}{1 - e^{-km^2t_1}} \frac{1 - e^{-km^2t_a}}{km^2} \int_0^{t_1} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t-\tau)}\, d\tau,$$

ou avec le diagramme polygonal :

$$(2) \int_0^{t_a} U dt = -\sum \frac{T_{i+1} - T_i}{t_{i+1} - t_i} \sum \frac{2}{X} \frac{1 - e^{-km^2t_a}}{1 - e^{-km^2t_1}} \frac{e^{-km^2(t_1 - t_{i+1})} - e^{-km^2(t_1 - t_i)}}{(km^2)^2}.$$

Cette dernière intégrale se calcule à l'aide d'une table des valeurs de la fonction :

$$\varphi(t) = \sum \frac{2}{X} \frac{1}{1 - e^{-km^2t_1}} \frac{e^{-km^2t}}{(km^2)^2}.$$

Cherchons maintenant l'intégrale du second terme, W, de l'équation (1).

Nous avons démontré, au § IV, la relation suivante :

$$\int_0^{t_a} dt \int_0^{t} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t-\tau)}\, d\tau = \frac{1}{km^2} \int_0^{t_a} \frac{dT}{d\tau} d\tau - \frac{1}{km^2} \int_0^{t_a} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t-\tau)} d\tau.$$

Il s'ensuit qu'on a :

$$(3) \int_0^{t_a} \mathrm{W}dt = -\int_0^{t_a} dt \sum \frac{2}{\mathrm{X}} \int_0^{t} d\mathrm{T}e^{-km^2(t-\tau)} = -\sum \frac{2}{\mathrm{X}} \frac{1}{km^2} \int_0^{t_a} d\mathrm{T}$$
$$+ \sum \frac{2}{\mathrm{X}} \frac{1}{km^2} \int_0^{t_a} d\mathrm{T}e^{-km^2(t_a-\tau)}.$$

En remplaçant le diagramme T de 0 à t_a par une ligne brisée, on a :

$$(4) \sum \frac{2}{\mathrm{X}} \frac{1}{km^2} \int_0^{t_a} d\mathrm{T}e^{-km^2(t_a-\tau)} = \sum \frac{\mathrm{T}_{i+1}-\mathrm{T}_i}{t_{i+1}-t_i} \sum \frac{2}{\mathrm{X}} \frac{e^{-km^2(t_a-t_{i+1})} - e^{-km^2(t_a-t_i)}}{(km^2)^2},$$

expression qu'on calculera facilement, si on dresse au préalable une table des valeurs :

$$\psi(t) = \sum \frac{2}{\mathrm{X}} \frac{e^{-km^2t}}{(km^2)^2}.$$

XVI. **Perte de chaleur pendant l'admission.** — Nous allons appliquer les équations (2) et (3), à l'exemple du § IX. On a : $t_1 = 1''$, $t_a = \frac{1}{10} t_1$, $t_d = \frac{4}{10} t_1$, $t_c = \frac{9}{10} t_1$. Nous supposerons deux cas : dans le cas I, la courbe des températures T pendant l'admission est une simple droite $\mathrm{T}_0 \mathrm{T}_a$, T_0 étant la température au début de la course, et T_a la température à la fin de l'admission ; dans le cas II, la courbe des T est une ligne brisée formée de deux droites $\mathrm{T}_0\mathrm{T}'_a$ et $\mathrm{T}'_a\mathrm{T}_a$, T'_a correspondant à $t = \frac{t_a}{2}$. Dans le cas I on trouve pour la valeur de :

$$\frac{1}{\mathrm{K}} \int_0^{t_a} \mathrm{F}dt = \frac{\mathrm{Q}_1}{\mathrm{K}}.$$

$$(5) \frac{\mathrm{Q}_1}{\mathrm{K}} = -0{,}5218\mathrm{T}_a + \underline{0{,}0505\mathrm{T}_d + 0{,}09048\mathrm{T}_e + 0{,}2328\mathrm{T}_c}$$
$$+ \underline{0{,}2617\mathrm{T}_1} - 0{,}1144\mathrm{T}_0,$$

Dans le cas II on trouve :

$$(6)\quad \frac{Q_2}{K} = -0{,}3054T'_a - 0{,}369T_a + \underline{0{,}0565T_d + 0{,}09048T_c}$$
$$+ \underline{0{,}2328T_e + 0{,}2617T_1} + 0{,}039T_0.$$

Les termes soulignés sont identiques dans les deux expressions ; appelons leur somme M ; il vient :

$$(5\ bis)\quad \frac{Q_1}{K} = -0{,}5218T_a - 0{,}1144T_0 + M,$$

$$(6\ bis)\quad \frac{Q_2}{K} = -0{,}3054T'_a - 0{,}369T_a + 0{,}039T_0 + M.$$

D'ailleurs, la valeur M, calculée au moyen des formules (24 *bis*) du § IX, est :

$$M = 0{,}26069\theta_d + 0{,}0931\theta_c + 0{,}1109\theta_1.$$

On peut de même, au moyen des mêmes formules (24 *bis*), calculer les autres termes de Q_1 et Q_2 en fonction de θ.

La courbe réelle des T, de 0 à t_a, est une certaine ligne qui sera encadrée par la droite T_0T_a (cas I) et par la ligne brisée $T_0T'_aT_a$ (cas II), si nous prenons : $T'_a = T_a$, T'_a étant la température pour $t = \frac{t_a}{2}$. En sorte que les expressions de Q, trouvées dans les cas I et II, nous donnent une limite inférieure et une limite supérieure de la quantité de chaleur absorbée. Il y a lieu de remarquer, en outre, que les quantités T_d, T_a, T_c, T_1 et T_0 ne sont pas sensiblement modifiées, que l'on prenne entre 0 et t_a le diagramme I ou le diagramme II.

On obtient, en remplaçant T_a et T_0 par leurs valeurs dans (5) et (6) :

$$(7)\qquad \frac{Q_1}{K} = 0{,}1485\theta_d + 0{,}0486\theta_c + 0{,}07\theta_1\ ;$$

$$(8)\qquad \frac{Q_2}{K} = 0{,}1716\theta_d + 0{,}0587\theta_c + 0{,}1\theta_1.$$

On remarque que les rapports des coefficients de θ_e et θ_1 au coefficient de θ_d sont sensiblement les mêmes dans ces deux formules et qu'on peut poser avec une approximation suffisante :

$$(9) \qquad \frac{q}{K} = \alpha\,(\theta_d + 0{,}34\theta_e + 0{,}50\theta_1).$$

En faisant $\alpha = 0{,}1485$, on a une limite inférieure de la condensation, et, en faisant $\alpha = 0{,}1716$, une limite supérieure.

Faisons apparaître la valeur de $t_a = 0'',1$, ce qui revient à multiplier par 10 le coefficient α, et introduisons la surface S (en mètres carrés) de l'espace nuisible, il vient, puisque $K = 1{,}65$:

$$(10) \qquad Q = 1{,}65 S t_a \alpha\,(\theta_d + 0{,}34\theta_e + 0{,}50\theta_1.$$

Dans cette formule, les valeurs limites de $A = 1{,}65\,\alpha$ sont : 2,46 et 2,83.

La formule (10) est l'expression générale de la quantité de chaleur perdue pendant l'admission, pour le cas donné. Son établissement ne repose que sur un élément réellement inconnu *a priori*, la valeur de T_a, car les autres valeurs de T ne diffèrent pas sensiblement, quelles que soient les valeurs du pouvoir absorbant h_a ; d'ailleurs, la quantité T_a elle-même ne peut varier qu'entre des limites assez restreintes et n'atteint, en réalité, jamais la valeur $\theta_0 = 0$. même lorsqu'on suppose que le pouvoir absorbant pendant l'admission est le même qu'entre eau et métal, soit environ 50 calories par mètre carré, seconde et degré.

On peut effectuer la vérification de la formule (10) d'après les résultats obtenus par des expériences ; elle donne des chiffres conformes à la réalité. Pour que cette vérification puisse se faire facilement et sûrement, il faut que les comptes rendus des essais mentionnent les données suivantes : 1° Quantité de chaleur

perdue pendant l'admission ; 2° températures caractéristiques et phases du diagramme de la vapeur ; 3° vitesse de marche ; 4° surface de l'espace nuisible et dimensions des cylindres ; 5° température constante régnant dans l'épaisseur des parois. Cette dernière donnée sert à vérifier les valeurs trouvées pour le cycle des températures T à la surface des parois. Naturellement le chiffre représentant la quantité de chaleur perdue pendant l'admission ne doit pas comprendre les fuites au tiroir ; les observations de MM. Callendar et Nicolson montrent l'importance que peuvent acquérir ces dernières. Il est indispensable de ne pas confondre deux sortes de pertes totalement étrangères l'une à l'autre. Cette considération paraît avoir été souvent perdue de vue par plusieurs expérimentateurs et explique la diversité relative des résultats obtenus.

En réalité, ainsi que la théorie précédente l'indique, les condensations ne peuvent varier qu'entre des limites assez restreintes, fournies par les formules (7), (8) ou (10).

XVII. **Influence de la durée de l'admission.** — Supposons que, dans l'exemple du paragraphe précédent, la durée de l'admission soit seule changée et portée à $t_a = \frac{2}{10} t_1$. Soit T_a la température sur la paroi à la fin de l'admission et T'_a la température pour $t = \frac{t_a}{2}$. En appliquant les équations (2) et (3) du § XV, on trouve :

$$= -0{,}404T'_a - 0{,}505T_a + \underline{0{,}0719T_d + 0{,}168T_e + 0{,}3546T_c + 0{,}3053T_1} + 0{,}009T_0.$$

Soit M la somme des termes soulignés. En prenant les valeurs T du § XI, il vient :

$$M = 0{,}3222\theta_d + 0{,}12518\theta_e + 0{,}16095\theta_1.$$

En prenant : $T_a = T'_a = 0{,}086\theta_d + 0{,}046\theta_e + 0{,}026\theta_1$

et en mettant en évidence $t_a = 0'',2$, on a :

$$\frac{q}{K} = t_a\,(1,224\theta_d + 0,42\theta_e + 0,685\theta_1).$$

Le coefficient de θ_d étant mis en facteur, il vient :

$$\frac{q}{K} = 1,224t_a\,(\theta_d + 0,34\theta_e + 0,55\theta_1).$$

Cette équation a sensiblement les mêmes coefficients de θ_e et θ_1 que l'équation (9), et on peut prendre comme formule générale des condensations pendant l'admission dans le cas où $t_a = \frac{2}{10}t_1$:

$$Q = St_a A(\theta_d + 0,34\theta_e + 0,55\theta_1),$$

avec $A = 1,65 \times 1,224 = 2,0096$; tandis que ce coefficient varie pour $t_a = \frac{1}{10}t_1$ de 2,46 à 2,83.

On voit que la quantité de chaleur perdue pendant l'admission n'est pas proportionnelle à la durée t_a de cette phase :

1° Parce que le coefficient x diminue quand t_a augmente ;

2° Parce qu'il y a aussi diminution de l'écart θ_d des températures pendant la détente.

L'influence de cet écart de températures θ_d est prépondérante, et la perte de chaleur n'est pas proportionnelle à l'écart total des températures de la vapeur, contrairement à ce qui a été généralement admis jusqu'ici. Il est, du reste, fort heureux que cette proportionnalité n'ait pas lieu, sinon les machines à condensation n'auraient pas sur les machines sans condensation la supériorité qui a toujours été constatée en pratique.

Cette influence prépondérante de l'écart des températures pendant la détente a été pressentie par le professeur

Jacobus (*), qui, en cherchant à établir une formule empirique des condensations d'après les résultats de ses propres expériences et de celles de M. Willans, a trouvé que la quantité de chaleur perdue était beaucoup plus près d'être proportionnelle à l'écart des températures pendant la détente qu'à l'écart total. Le professeur Jacobus est ainsi porté à croire que les condensations ne dépendent que du premier de ces écarts, conclusion excessive, qui conduirait à cette conséquence invraisemblable que, dans une machine marchant à pleine admission, il n'y aurait pas de condensations.

En fait, la formule que nous avons établie montre que l'écart total des températures exerce, lui aussi, une notable influence sur les pertes de chaleur.

XVIII. **Condensations sur la paroi cylindrique.** — Considérons le cas du § XVI, où $t_a = \frac{1}{10} t_1$. Prenons une couronne cylindrique découverte par le piston au temps t, compris entre 0 et t_a, et dont la surface, D étant le diamètre, C la course, et dl l'élément infiniment petit de chemin parcouru par le piston, est :

$$\pi D dl = \frac{\pi C D}{2} \frac{2\pi}{t_1} \sin \frac{2\pi t}{t_1} dt.$$

Cette couronne cylindrique sera soumise à une source de chaleur, dont la température est donnée par le diagramme de la vapeur, de la même façon que la surface de l'espace nuisible, avec cette différence que la durée de pleine pression variera de t_a à 0. La quantité de chaleur, dq_0, absorbée par la couronne $\pi D dl$, découverte pour $t = 0$, sera la même que pour la surface-couvercle,

(*) *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. CXXXI, session 1897-1898.

c'est-à-dire en se reportant à l'équation (10) du § XVI :

$$dq_0 = \pi D dl t_a A\ (\theta_d + 0{,}34\theta_c + 0{,}50\theta_1).$$

D'autre part, la quantité de chaleur, dq_a, absorbée par la couronne découverte pour $t = t_a$, sera évidemment nulle :

$$dq_a = 0.$$

L'expression dq est :

$$dq = \pi D dl\ (\alpha\theta_d + \beta\theta_c + \gamma\theta_1)\ t\,;$$

elle varie de dq_0 à 0. Pour avoir la chaleur totale échangée pendant l'admission, il faudrait intégrer dq de 0 à t_a.

On pourrait calculer approximativement, a un moment quelconque, les coefficients α, β, γ. Nous disons approximativement, car il y a plusieurs éléments inconnus dont il est difficile de tenir compte; notamment chaque couronne est, pendant une certaine durée, recouverte par le piston, qui remplit alors l'office de source de chaleur d'une façon différente de celle de la vapeur et difficile à préciser; d'autre part, la température fixe de la paroi dans une section cylindrique est influencée par la température des parois-couvercles, et il y a évidement une communication longitudinale de chaleur ayant pour effet de relever les températures tout le long du cylindre au-dessus de la valeur qu'elles prendraient sous l'influence seule de la vapeur. Étant donnée la difficulté qu'il y a à déterminer la valeur exacte de dq, nous admettrons qu'elle varie linéairement de dq_0 à zéro, en fonction du chemin parcouru par le piston et que, par conséquent, en appelant S' la surface cylindrique découverte jusqu'à la fin de l'admission, la quantité de chaleur Q' absorbée par cette surface est égale au produit de S' par la moitié du multiplicateur de $\pi D dl$ dans

dq_0. On a ainsi pour la chaleur totale perdue, $Q+Q'$:

$$(11)\qquad Q+Q'=\left(S+\frac{S'}{2}\right)t_a A\,(\theta_d+0{,}34\theta_c+0{,}50\theta_1).$$

La valeur attribuée dans cette formule à Q' est un maximum.

La surface cylindrique découverte pendant l'admission agit à peu près avec la même énergie condensante que la surface-couvercle. Il n'en est pas de même de la surface cylindrique découverte pendant la détente. Le diagramme des températures de la vapeur, qui agit sur une couronne de cette dernière surface, se compose d'une partie de la courbe de détente et de la courbe d'échappement. Au moment où la couronne a été découverte par le piston, elle venait d'être en contact prolongé avec la vapeur d'échappement, était, par suite, sèche et ne possédait qu'un pouvoir absorbant très faible ; étant mise en présence d'une vapeur dont la température baisse rapidement, la quantité élémentaire de chaleur absorbée, mesurée par le produit $h(\theta-T)\,dt$, ne peut acquérir une valeur notable parce que, au début, h est très petit, et qu'ensuite c'est la différence $\theta-T$ qui devient rapidement très petite. Remarquons, en outre, que, si l'expérience a montré que la température fixe de la paroi cylindrique est plus élevée aux deux extrémités que vers le milieu, elle a montré aussi que la différence n'est pas très grande, ce qui est dû à la propagation de chaleur longitudinale. Donc, surtout vers la fin de la détente, la température fixe de la paroi cylindrique est constamment supérieure à celle de la vapeur qui la touche, ce qui tend à produire un effet analogue à celui des chemises de vapeur et, par suite, à réduire le produit $h(\theta-T)$. En définitive, la paroi cylindrique découverte pendant la détente reste à peu près neutre au point de vue des échanges de chaleur. Cela explique comment il peut se faire que la chaleur soit restituée à la

vapeur presque dès le début de la détente. Si en effet les surfaces fraîchement découvertes et relativement froides, au lieu de n'avoir qu'une faible perméabilité, absorbaient énergiquement la chaleur, leur effet, étant donnée leur grande étendue, suffirait à contrebalancer, et même, dans la plupart des cas, à dépasser, la restitution de chaleur effectuée par les parois déjà chauffées. Enfin des expériences effectuées par M. Dwelshauvers-Dery sur les condensations dans les chemises de vapeur (*) ont montré que ces condensations sont beaucoup plus faibles dans la chemise de la partie cylindrique que dans les chemises des fonds, ce qui ne peut s'expliquer que par la faible importance de l'action condensante exercée par la partie cylindrique. Nous démontrons, en effet, plus loin, que les pertes de chaleur de la vapeur des enveloppes dépendent des échanges avec la vapeur évoluant dans le cylindre.

XIX. **Influence de la vitesse.** — Soit :

$$t_1 = 0^s,3, \qquad t_a = \frac{1}{10}\,t_1, \qquad t_d = \frac{4}{10}\,t_1, \qquad t_c = \frac{9}{10}\,t_1.$$

Nous prendrons toujours le même diagramme de h (§ IX). Les équations fondamentales des T s'établissent sans difficulté, et leur résolution donne :

$$\begin{aligned}
T_0 &= 0,36397\,\theta_d + 0,0965\,\theta_c + 0,11256\,\theta_1\\
T_a &= 0,1708\,\theta_d + 0,04234\,\theta_e + 0,0356\,\theta_1\\
T_d &= 0,766\,\theta_d + 0,01\,\theta_c + 0,007\,\theta_1\\
T_e &= 0,524\,\theta_d + 0,0258\,\theta_e + 0,0355\,\theta_1\\
T_c &= 0,472\,\theta_d + 0,1528\,\theta_c + 0,03474\,\theta_1\\
T_1 &= 0,385\,\theta_d + 0,1076\,\theta_e + 0,22023\,\theta_1.
\end{aligned}$$

On remarque que les coefficients des θ dans ce système ne diffèrent pas beaucoup des coefficients du système (24 *bis*) (§ IX).

(*) *Revue universelle de Liège*, novembre 1896.

Quant à la température fixe de la paroi, elle est donnée par l'équation :

$$V_0 = 0{,}473\theta_d + 0{,}065\theta_e + 0{,}044\theta_1.$$

Maintenant qu'on a le système des valeurs T, cherchons la quantité de chaleur perdue pendant l'admission, en appliquant les formules du § XV et en supposant que T varie linéairement de T_0 à T_a. La courbe réelle des T pendant l'admission doit être voisine de la droite T_0 à T_a, à cause de la valeur élevée de la vitesse.

On trouve :

$$\frac{Q_1}{K} = -0{,}308T_a + \underline{0{,}0217T_d + 0{,}0523T_c + 0{,}074T_c + 0{,}105T_1 + 0{,}0489T_0}$$

ou, en exprimant les termes soulignés en fonction de θ :

$$\frac{Q_1}{K} = -\,0{,}308T_a + 0{,}1229\theta_d + 0{,}02888\theta_c + 0{,}03425\theta_1.$$

Enfin, en remplaçant aussi T_a par sa valeur :

$$\frac{Q_1}{K} = 0{,}0706\theta_d + 0{,}016\theta_c + 0{,}0233\theta_1.$$

Faisons apparaître la durée $t_a = 0'',03$ de l'admission, il vient :

$$Q_1 = t_a(3{,}883\theta_d + 0{,}88\theta_c + 1{,}28\theta_1)$$

ou :

$$Q_1 = t_a.3{,}883\,(\theta_d + 0{,}23\theta_c + 0{,}33\theta_1).$$

La formule générale des condensations est donc, pour ce cas,

$$(12) \qquad Q = St_a A\,(\theta_d + 0{,}23\theta_c + 0{,}33\theta_1)$$

et $A = 3{,}883$ pour $t_a = \frac{1}{10}t_1$ et $t_1 = 0'',3$.

En comparant cette formule avec (10), on voit que la

chaleur perdue n'est pas proportionnelle à t_a, c'est-à-dire à la durée t_1 d'un tour, parce que le facteur A augmente quand la vitesse augmente. Prenons le rapport de la formule (12) à la formule (10), en posant $t_a = \frac{t_1}{10}$ et cherchons de quel exposant il faudrait affecter t_1 pour avoir le même coefficient a dans les deux formules ; on a :

$$\frac{0,3 \times 3,883}{2,46} = a\,(0,3)^z;$$

d'où :

$$z = 0,60.$$

Ainsi les échanges de chaleur seraient proportionnels à $t_1^{0,6}$ et, par suite, à peu près proportionnels à $\sqrt{t_1}$ ou à $\frac{1}{\sqrt{N}}$, N étant le nombre de tours. C'est en effet ce qui est confirmé par l'expérience et admis par la plupart des auteurs.

XX. **Influence de la compression.** — Reportons-nous à l'expression du flux de chaleur $-K\left(\frac{dV}{dx}\right)_X$, donnée dans l'équation (1) du § XV. Pour avoir la quantité de chaleur échangée par la paroi, dans l'intervalle $t'' - t'$, il faut intégrer cette expression de t' à t''. Nous prendrons l'intervalle de $t_1 - t_c$ correspondant à la compression.

On a :

$$\int_{t_c}^{t_1} - \left(\frac{dV}{dx}\right)_X dt = \int_{t_c}^{t}(U + W)\,dt = \int_0^{t_1}(U + W)\,dt - \int_0^{t_c}(U + W)\,dt.$$

L'intégrale $\int_0^1 (U + W)\,dt$ est nulle, parce que, pendant la durée d'un tour, la paroi ne perd ni ne gagne de

chaleur. Donc :

$$\int_{t_c}^{t_1} - \left(\frac{dV}{dx}\right)_X dt = - \int_0^{t_c} (U + W)\, dt.$$

En ayant égard aux valeurs de U et de W, il vient :

$$\int_0^{t_1} U dt = - \sum \frac{2}{X} \frac{1}{1 - e^{-km^2 t_1}} \frac{1 - e^{-km^2 t_c}}{km^2} \int_0^{t_1} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t_1 - \tau)} d\tau.$$

$$\int_0^{t_c} W dt = - \sum \frac{2}{X} \frac{1}{km^2} \int_0^{t_c} dT + \sum \frac{2}{X} \frac{1}{km^2} \int_0^{t_c} \frac{dT}{d\tau} e^{-km^2(t_c - \tau)}\, d\tau.$$

Ces deux dernières formules permettent de calculer la quantité de chaleur Q_c échangée pendant l'intervalle $t_1 - t$.

Application. — Soient $t_1 = 1''$, $t_a = \frac{1}{10} t_1$, $t_c = \frac{9}{10} t_1$.
En admettant que, pendant l'intervalle $t_1 - tc$, la température T sur la paroi varie linéairement de T_t à T_1, on trouve pour Q_c l'expression suivante :

(13) $$\frac{Q_c}{K} = -0{,}4631 T_1 - 0{,}0336 T_0 - 0{,}0673 T_a + 0{,}07695 T_d + 0{,}151 T_c + 0{,}337 T_c.$$

Il n'y a plus qu'à remplacer les T par leurs valeurs en fonction des températures θ pour avoir la quantité de chaleur échangée pendant le dernier dixième de tour. Nous considérerons dorénavant ce dernier dixième de tour sans supposer que la compression lui soit égale ; elle pourra être de plus longue durée ; mais la formule (13) ne serait pas applicable à une durée moindre.

Pour le cas étudié au § IX, les valeurs de T sont données par les formules (24 *bis*). Dans ce cas, la valeur du pouvoir absorbant, h_0, à la fin de la compression, a été supposée égale à 6,8.

En cherchant quelles seraient les valeurs de T pour le cas où le pouvoir absorbant n'augmenterait pas pendant la compression et resterait le même que fin émission, c'est-à-dire $h_0 = 1,1$, les autres valeurs caractéristiques de h ne changeant pas, on trouve :

$$(14)\quad \left\{ \begin{aligned} T_0 &= 0,3992\theta_d + 0,055\theta_c + 0,1636\theta_1 \\ T_1 &= 0,4016\theta_d + 0,055\theta_c + 0,1858\theta_1 \\ T_a &= 0,14\ \ \theta_d + 0,065\theta_c + 0,03\ \ \theta_1 \\ T_d &= 0,703\ \theta_d + 0,008\theta_c + 0,0124\theta_1 \\ T_e &= 0,5248\theta_d + 0,091\theta_c + 0,0233\theta_1 \\ T_c &= 0,43\ \ \theta_d + 0,15\ \theta_c + 0,03\ \ \theta_1. \end{aligned} \right.$$

En comparant le système (14) au système (24 *bis*), on remarque que les quantités T_a, T_d, T_e et T_c n'ont pas sensiblement changé ; seules les valeurs T_0 et T_1 sont modifiées.

Ainsi la modification de la valeur h_0 seule n'a pour effet de changer que les températures T_0 et T_1, à la fin du tour.

Si on prend $h_0 = 13,6$, le calcul des T aboutit à la même conclusion, et les valeurs trouvées pour T_0 et T_1 sont les suivantes :

$$(15)\quad \left\{ \begin{aligned} T_0 &= 0,1398\theta_d + 0,064\theta_c + 0,406\theta_1 \\ T_1 &= 0,146\ \theta_d + 0,068\theta_c + 0,63\ \theta_1. \end{aligned} \right.$$

Maintenant est-il admissible de supposer que, si h_0, pouvoir absorbant au commencement du tour, change, les autres valeurs de h restent les mêmes.

Nous avons déjà expliqué que h varie avec la quantité d'humidité déposée sur la paroi et de la façon suivante : Lorsque la paroi est sèche, h est très petit ; mais, dès qu'un peu d'humidité commence à se déposer, h augmente rapidement, à peu près proportionnellement à la superficie de paroi recouverte d'humidité. Celle-ci, quand elle se dépose au début, ne recouvre pas uniformément toute la

surface, mais forme des plages plus ou moins isolées qui vont en s'agrandissant à mesure que la condensation augmente et qui finissent par se rejoindre à un moment donné. C'est pendant cette période où la paroi présente des parties encore sèches que h augmente rapidement, comme augmente la superficie humide. Mais, dès que toute la surface est recouverte de rosée, il n'y a plus de raison pour que h augmente et, si cela a lieu, ce ne peut être que lentement. La preuve de ces faits se tire de la comparaison des condensations dans les machines à grande et à petite vitesse. Considérons une machine fonctionnant à 60 tours par minute ; il y aura à la fin de l'admission une certaine quantité, m, d'eau de condensation sur les parois, et le pouvoir absorbant sera h_a. Faisons maintenant marcher la même machine à 300 tours, toutes les autres conditions restant les mêmes. La quantité m' d'eau de condensation est beaucoup plus petite que m, puisque l'expérience montre que ces quantités sont dans le rapport inverse de la racine carrée du nombre des tours et que, par suite, on a ici : $m' = \frac{m}{1,73}$. Quoique l'eau de condensation recouvrant la même surface ait diminué de près de moitié, à 300 tours, le pouvoir absorbant à la fin de l'admission doit être sensiblement le même qu'à 60 tours. C'est en le supposant le même que la formule théorique trouvée au § XIX donne des résultats conformes à l'expérience. S'il diminuait à grande vitesse, les condensations diminueraient beaucoup plus rapidement qu'elles ne le font.

On tirerait la même conclusion de la comparaison des condensations, quand la durée de l'admission varie. Si on augmente cette durée, les condensations sont loin de s'accroitre proportionnellement, ce qui implique que le pouvoir absorbant cesse, à un moment donné, d'augmenter.

La pratique concorde avec les considérations théoriques,

pour démontrer que la quantité d'humidité, dès qu'elle a dépassé un certain minimum, ne fait plus varier le pouvoir absorbant d'une façon sensible.

Si maintenant nous examinons ce qui se passe lorsqu'on diminue le coefficient h_0, correspondant au début du tour, nous voyons que cette diminution n'empêchera pas les condensations de se produire pendant l'admission ; tout au plus auront-elles un peu moins d'intensité au début ; mais, au total, elles ne pourront différer d'une quantité telle que h ne puisse atteindre à la fin de l'admission la même valeur, quel que soit h_0. Il est donc parfaitement admissible de supposer, comme nous l'avons fait plus haut, que la variation de h_0 n'a pas d'influence sur les autres valeurs caractéristiques de h.

Maintenant de quoi dépend h_0? Uniquement de la durée de la compression. S'il n'y a pas de compression, h conserve sa valeur minima jusqu'à la fin du tour. Il en est de même tant que la durée de la compression n'est pas suffisante pour que la température de la vapeur atteigne la température à la surface de la paroi, c'est-à-dire tant que $\theta_1 > T_1$ (la température maxima de la vapeur à l'admission étant toujours prise comme zéro) ; en effet, il ne cesse pas alors d'y avoir cession de chaleur de la paroi à la vapeur. Mais, dès que la compression est suffisante pour amener la vapeur à une température plus élevée que la paroi, la vapeur perdra de la chaleur et commencera à se condenser. Cette condensation accroîtra alors la perméabilité de la paroi ; il y aura une progression simultanée et par suite rapide, d'une part, de la perte de chaleur, d'autre part, du pouvoir absorbant h.

Ainsi la compression, lorsqu'elle dépasse une certaine limite, a pour effet de préparer des parois très perméables pour le moment où commencera à affluer la vapeur d'admission. On conçoit que cet effet doive être nuisible, mais on peut se demander jusqu'à quel point il l'est?

En vue de résoudre cette question, nous allons chercher, pour diverses valeurs de h_0, la quantité de chaleur Q_c, échangée pendant le dernier dixième de tour, et nous l'ajouterons à la quantité de chaleur échangée pendant l'admission, afin d'étudier la variation de la somme.

La quantité Q_c est donnée par l'équation (13). Les termes autres que ceux en T_1 et T_0 restent les mêmes, quel que soit h_0. Nous pouvons les exprimer en fonction de θ, à l'aide du système (14), par exemple, et nous avons :

$$(16)\quad \frac{Q_c}{K} = -0,4631T_1 - 0,0336T_0 + 0,266\theta_d + 0,05\theta_e + 0,0207\theta_1.$$

Pour la quantité de chaleur échangée pendant l'admission, prenons d'abord la formule (5) du § XVI et exprimons-y T_a, T_d, T_e et T_c, qui ne changent pas quel que soit h_0, en fonction de θ ; on a :

$$(17)\quad \frac{Q_1}{K} = 0,101\theta_d + 0,027\theta_e + 0,001\theta_1 + 0,2617T_1 - 0,1144T_0.$$

En ajoutant (16) et (17), il vient :

$$(18)\quad \frac{Q_c + Q_1}{K} = 0,367\theta_d + 0,077\theta_e + 0,0217\theta_1 - 0,2014T_1 - 0,148T_0.$$

Nous allons étudier les variations de $Q_c + Q_1$, quand h varie. Supposons d'abord que h ne varie pas pendant la compression et reste égal à sa valeur minima de la fin de l'échappement. Eu égard au diagramme de h admis au § IX, on a : $h_0 = 1,1$; les valeurs de T_0, T_1, sont données par le système (14). Il peut y avoir compression, mais elle doit être assez faible pour qu'on ait : $\theta_1 > T_1$, c'est-à-dire pour que la paroi restitue de la chaleur jusqu'à la fin du tour. En introduisant dans (18) les valeurs de T_0, T_1, il vient, pour ce premier cas :

$$(19)\quad \frac{Q'_c + Q'_1}{K} = 0,367\theta_d + 0,077\theta_e - (0,14\theta_d + 0,01925\theta_e) - 0,0378\theta_1.$$

Dans cette formule, θ_1 peut varier de θ_c, quand la compression est nulle, à T_1. On voit que le total $Q'_c + Q'_1$ de chaleur échangée sera minimum quand θ_1 est maximum, c'est-à-dire quand il n'y a pas de compression. Mais il ne faut pas se méprendre sur cette conclusion. Q_1' est une quantité de chaleur absorbée par la paroi, c'est-à-dire positive ; Q_c' est une quantité de chaleur restituée par elle, c'est-à-dire négative. La valeur de Q_1' est donnée par la formule (17), qui est la suivante en mettant les valeurs T du système (14) :

$$(17 \textit{ bis}) \qquad \frac{Q_1'}{K} = 0{,}16\theta_d + 0{,}035\theta_c + 0{,}03\theta_1.$$

La quantité Q_c' est maxima, en valeur absolue, quand $\theta_1 = \theta_c$, soit quand il n'y a pas de compression ; c'est ce qui explique comment la différence $Q_1' - Q_c'$ (en mettant en évidence le signe de Q_c') peut être minima sans compression, quoique cependant Q_1', c'est-à-dire la perte réelle de chaleur, augmente légèrement quand la compression tend vers zéro.

Ainsi, en ne considérant que la valeur Q_1', on voit que la perte de calorique diminue quand la compression augmente, en restant au-dessous de la limite critique pour laquelle $\theta_1 = T_1$. Avec le système (14) on a :

$$T_1 = \theta_1 = 0{,}50\ \theta_d + 0{,}07\ \theta_c.$$

Si le pouvoir absorbant conservait constamment sa valeur minima pendant la compression, quelle que fût la durée de celle-ci, la compression complète, pour laquelle $\theta_1 = o$, serait encore économique ; mais alors il ne devrait pas y avoir condensation pendant la compression, ce qui est manifestement contraire à la réalité.

Supposons, en second lieu, que la compression porte le pouvoir absorbant h_0 à la valeur 6,8, ce qui implique $\theta_1 < T_1$. Nous remplaçons dans (18) T_1 et T_0 par leurs

valeurs tirées du système (24 *bis*) ; il vient :

$$(20)\quad \frac{Q_c' + Q_1'}{K} = 0{,}367\theta_d + 0{,}077\theta_e - (0{,}0887\theta_d + 0{,}0385\theta_e) - 0{,}0893\theta_1.$$

Si la compression est complète : $\theta_1 = o$. La quantité de chaleur exprimée par l'équation (20) est notablement plus grande que celle exprimée par (17 *bis*). Prenons leur différence en supposant, d'une part, la compression complète ($\theta_1 = o$) et, d'autre part, la comrpession critique ($\theta_1 = T_1$). On a :

$$(Q_c' + Q_1') - Q_1' = K\,(0{,}1033\theta_d + 0{,}0014\theta_e).$$

Exemple :

Pour $\theta_d = 150^\circ - 110^\circ = 40^\circ$ et $\theta_d = 150 - 100 = 50^\circ$, on a :

$$(Q_c' + Q_1') - Q_1' = 6^{cal},93 \text{ par mètre carré.}$$

Supposons, en troisième lieu, que la compression porte le pouvoir absorbant h_0 à la valeur $13^{cal},6$. Nous remplaçons, dans (18), T_1 et T_0 par leurs valeurs tirées du système (15). Il vient :

$$(21)\quad \frac{Q''_c + Q''_1}{K} = 0{,}367\theta_d + 0{,}077\theta_e - (0{,}049\theta_d + 0{,}0224\theta_e) - 0{,}1483\theta_1.$$

La perte de calorique, pour la compression complète, est de plus en plus supérieure à Q_1' ; on a :

$$(Q_c'' + Q_1'') - Q_1' = K\,(0{,}143\theta_d + 0{,}0175\theta_e).$$

Dans l'exemple ci-dessus, cette différence serait de $10^{cal},88$ par mètre carré.

Il est à noter que Q_c ne se rapporte qu'au dernier dixième de tour et ne donne pas toute la chaleur perdue dans la compression, puisque, quand celle-ci est complète, elle est ordinairement supérieure à $\frac{1}{10}\,t_1$. Il est d'ailleurs facile, au moyen des formules établies au commencement de ce

paragraphe, d'avoir la chaleur échangée pendant toute la durée de la compression.

Lorsque, au lieu de prendre la valeur $\frac{Q_1}{K}$ du § XVI, on prend $\frac{Q_2}{K}$ (formule 6), on a :

$$(18\,bis)\quad \frac{Q_c+Q_2}{K} = 0{,}3445\,\theta_a + 0{,}068\,\theta_c - 0{,}0009\,\theta_1 - 0{,}2054\,T_1 + 0{,}0054\,T_0.$$

On déduit de cette formule les mêmes conclusions que de (18) ; seulement les chiffres trouvés sont un peu plus faibles.

Il n'en résulte pas moins de ce qui précède un fait très important : c'est que la chaleur totale perdue pendant la compression et l'admission augmente beaucoup, quand la durée de la compression dépasse une certaine limite. Jusqu'à cette limite, la compression est avantageuse au point de vue des échanges de chaleur ; au-delà elle est de plus en plus nuisible. En 1895, j'ai signalé ce fait que j'avais trouvé par une autre voie (*). M. Dwelshauvers-Dery a effectué récemment des expériences (**) qui tendent aussi à démontrer que la compression est nuisible et que la marche sans compression est la plus économique. Ce point ne concorde pas absolument avec la théorie précédente, qui reconnaît un certain avantage à une compression limitée.

Les conclusions de M. Dwelshauvers-Dery sur la compression ont été dernièrement combattues par M. Boulvin, professeur à l'Université de Gand. La thèse de M. Boulvin (***) est la suivante :

« Si l'on suppose la détente complète et si l'on fait

(*) Locomotives à simple et à double expansion : *Revue générale des Chemins de fer*, juin 1895.

(**) *Revue de Mécanique*, octobre 1897.

(***) *Revue de Mécanique*, juin 1898.

abstraction de l'influence des parois, il y a un avantage évident et incontestable à opérer une compression complète dans l'espace mort. Cet avantage est plus marqué encore, si l'on suppose qu'un corps de poids constant et de conductibilité infinie est placé dans le cylindre idéal. Lorsque l'on envisage un cylindre réel, c'est-à-dire à parois épaisses et de conductibilité limitée, la compression ne permet pas d'annuler l'effet des parois, mais elle procure au cycle deux avantages : 1° elle supprime la perte spéciale due à la mauvaise utilisation de la vapeur admise dans l'espace mort des machines sans compression ; 2° elle atténue l'effet des parois. »

M. Boulvin constate ensuite que les résultats énoncés par M. Dwelshauvers-Dery et qui infirment la thèse précédente ne sont pas décisifs : 1° parce qu'il n'est pas certain qu'ils ne soient pas entachés d'erreur, certaines particularités dans la forme des diagrammes faisant supposer, avec de fortes présomptions, qu'il devait y avoir des fuites au piston ; 2° parce qu'ils n'ont pas une portée générale, la machine d'expérience étant de conformation exceptionnelle, très différente de celle des moteurs ordinaires de l'industrie.

Il est un point de la thèse de M. Boulvin sur lequel nous appellerons l'attention. M. Boulvin dit que, si sur le fond d'un cylindre à parois non conductrices on place une plaque de conductibilité infinie et si la compression est complète, cette plaque sera à la fin de la course réchauffée à la température de l'admission et il n'y aura pas de condensation pendant l'introduction.

Cela dépend de ce qu'on entend par conductibilité infinie. Pour que ce qui précède soit vrai, il faut que la plaque ait à chaque instant et dans tous les points de son épaisseur la même température que la vapeur, c'est-à-dire que, à la fois, les deux coefficients de conductibilité intérieure et extérieure soient infinis. Mais ce cas est pure-

ment théorique et n'a aucune espèce de rapport avec la réalité ; car, si le coefficient de conductibilité extérieure d'une paroi métallique est resté jusqu'ici à peu près inconnu et a pu être supposé infini par plusieurs auteurs, on connaît, d'autre part, d'une façon très exacte, le coefficient de conductibilité intérieure, et on sait qu'il est loin d'être infini.

Peut-être M. Boulvin a-t-il voulu supposer que seul le coefficient de conductibilité extérieure ou pouvoir absorbant était infini. Alors, par une compression complète, la plaque se trouverait réchauffée à la température de l'admission, mais à sa surface seulement et non dans son épaisseur ; il ne serait plus exact de dire qu'il n'y aurait pas de condensation pendant l'admission. La perte de chaleur nous serait donnée par l'équation (5) du § XVI, où il faudrait remplacer les T, températures à la surface de la plaque, par les températures correspondantes de la vapeur, qui leur sont toujours égales, puisque le pouvoir absorbant est infini. D'ailleurs, le zéro des températures étant toujours supposé être la température à l'admission, on aurait pour la chaleur absorbée par la paroi dans le temps $t_a = \frac{1}{10}\, t_1$ avec $t_1 = 1''$:

$$(22) \qquad \frac{q_a}{K} = 0{,}05050_d + 0{,}32328\theta_c + 0{,}26170_1.$$

Dans le même cas, pendant le dernier dixième de tour la chaleur échangée serait donnée par la formule (13) du présent paragraphe, laquelle devient pour $T = \theta$:

$$(23) \qquad \frac{q_c}{K} = 0{,}076950_d + 0{,}4880_e - 0{,}46310_1$$

La chaleur totale perdue, dans le cas de compression nulle, serait donnée par la formule (22), où il faut faire $\theta_1 = \theta_c$; il vient :

$$(24) \qquad \frac{q_a'}{K} = 0{,}05050_d + 0{,}58498\theta_c.$$

Dans le cas de compression complète il faut faire $\theta_1 = 0$ dans (22) et (23) et ajouter ces deux équations pour avoir la chaleur totale perdue pendant la compression et l'admission. On a :

$$(25) \qquad \frac{q_a' + q_c'}{K} = 0{,}127450_d + 0{,}81128\theta_c.$$

De la comparaison des formules (24) et (25), il résulte que la quantité totale de chaleur perdue augmenterait considérablement, si h était infini, quand on fait de la compression.

Il y a toujours augmentation de la perte dans le même sens, mais elle est moindre, lorsque le pouvoir absorbant a une valeur finie et constante. Quand il est variable, on a vu plus haut que cela constitue une circonstance aggravante, car la compression a alors pour effet d'augmenter la perméabilité des parois, au moment où l'admission commence.

En définitive, la compression n'atténue en aucun cas l'effet des parois, contrairement à ce que croit M. Boulvin, mais l'aggrave dans une forte mesure. La perte qui en résulte sera, en général, supérieure à la perte spéciale de vapeur due à l'espace nuisible et se produisant quand il n'y a pas de compression. On a tenté, à diverses reprises, de réhabiliter l'espace nuisible dans l'idée qu'en faisant de la compression on pourrait annihiler ses effets désavantageux ou même lui faire jouer un rôle utile ; c'est à tort, le remède étant pire que le mal. Cet espace est bien réellement nuisible ; il faut donc chercher à le restreindre le plus possible et ne faire en même temps que très peu de compression, pour réaliser la marche la plus économique.

CHAPITRE IV.

Théorie des enveloppes de vapeur.

XXI. **Effet des enveloppes de vapeur quand le pouvoir absorbant est constant.** — Le rôle exact des enveloppes de vapeur n'a jamais été expliqué jusqu'ici d'une façon satisfaisante. L'expérience montre qu'on dépense dans les enveloppes une certaine quantité de vapeur mesurée par les condensations qui s'y produisent, mais qu'on diminue d'une quantité notablement supérieure à cette dépense les pertes de chaleur sur les parois intérieures des cylindres. A considérer de près ce phénomène, on s'aperçoit qu'il soulève un des problèmes les plus curieux de la thermodynamique. Comment peut-il se faire qu'avec une dépense de chaleur donnée on obtienne un gain de chaleur supérieur à cette dépense? Cela parait contraire aux principes fondamentaux de la théorie mécanique de la chaleur, notamment à celui de l'équivalence. Il est nécessaire, pour expliquer ce paradoxe, d'établir d'une manière précise comment fonctionnent véritablement les enveloppes de vapeur.

Nous démontrerons tout d'abord que, si le pouvoir absorbant de la surface intérieure des parois était constant pendant chaque révolution, les enveloppes de vapeur ne produiraient aucune économie, mais, au contraire, une dépense supplémentaire de chaleur.

Supposons donc le pouvoir absorbant h constant et considérons une paroi de cylindre exposée par sa face intérieure à la vapeur évoluant. S'il n'y a pas de flux sur la face extérieure, la loi de la propagation de la chaleur sera représentée par une fonction V qui doit satisfaire

aux trois équations suivantes :

(1) $\frac{dV}{dt} = k \frac{d^2V}{dx^2}$, quels que soient x et t ;

(2) $K \frac{dV}{dx} = h(\theta - V)$, pour $x = X$, quel que soit t ;

(3) $K \frac{dV}{dx} = o$, pour $x = o$, quel que soit t.

L'intégrale est une fonction périodique et, comme la période t_1 est toujours petite, la chaleur ne pénètre qu'à une faible profondeur à partir de laquelle la température V_0 est constante.

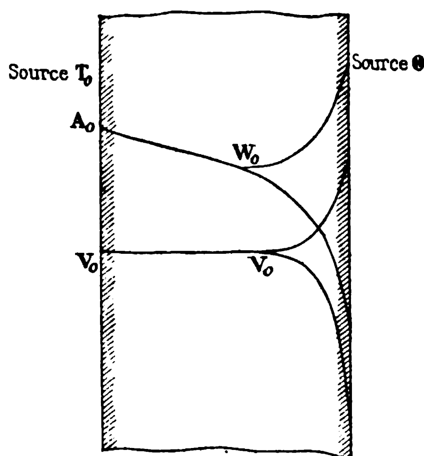


Fig. 4.

Supposons maintenant que la face extérieure soit en contact avec une source chaude à température constante T_0. La loi de propagation de la chaleur sera toujours représentée par une fonction périodique et, si la période est petite, les oscillations de température s'éteindront à une certaine profondeur à partir de laquelle la température W_0 ne variera plus avec le temps (*fig.* 4). Comme,

d'autre part, il y a à l'extérieur une source à température constante T_0, il s'établira dans la paroi un courant de chaleur permanent, et la température sera représentée par une droite inclinée A_0W_0. Le flux $- K \left(\frac{dV}{dx}\right)_0$ sur la face extérieure n'est plus nul, mais constant, et on doit substituer, à l'équation (3) du premier système, la suivante :

$$- K \left(\frac{dV}{dx}\right)_0 = C^{te} = \rho.$$

Cette condition peut être remplacée par la suivante qui lui est équivalente :

$$(4) \qquad (V)_{x=0} = C^{te} = A_0.$$

On peut chercher directement l'intégrale du système (1), (2), (4), et j'en ai précédemment donné la formule (*); mais, pour trouver cette intégrale, on est obligé de supposer toujours holomorphes des fonctions qui, en réalité, ne le sont pas d'une manière générale pour les valeurs limites des variables, ce qui fait naître de grosses difficultés. Aussi nous semble-t-il préférable de résoudre le problème par un autre moyen.

On peut voir tout de suite qu'il y a une relation simple entre l'intégrale $V_2 = \varphi(A_0, x, t)$, pour le cas des enveloppes, et l'intégrale $V_1 = \psi(x, t)$, pour le cas sans enveloppes. En effet, la première doit se réduire identiquement à la seconde, si on fait $A_0 = V_0$.

On doit donc avoir, quelles que soient les valeurs des variables,

$$V_2 = \varphi(A_0, x, t) = \psi(x, t) + (V_0 - A_0) f(x, t).$$

En outre, pour $x = 0$, on doit avoir $V_1 = A_0$, quel que

(*) *Annales des Mines*, septembre 1897.

soit t. Donc :

$$f(o, t) = 1,$$

quelque soit t.

Pour trouver par une voie détournée la solution du système (1), (2), (4), nous partirons de l'intégrale (6) du § I, applicable au cas où il n'y a pas de flux extérieur et qui implique que la température V_0 reste constante, sauf au voisinage de la face inférieure. Si, au début d'une révolution, nous produisons dans la paroi un état des températures différent de l'état périodique V_0 et représenté par l'équation $F(x)$, l'équation de la propagation de la chaleur sera pour cette révolution, en posant $F(x) = V_0 - f_1(x)$ et en vertu de l'équation générale (4) du § I :

$$V_2 - \theta = - \sum \frac{4 \sin nX}{2nX + \sin 2nX} \cos nx \left[\frac{e^{-kn^2 t}}{1 - e^{-kn^2 t_1}} \int_0^{t_1} d\theta e^{kn^2(t_1 \ \tau)} + \int_0^t d\theta e^{-kn^2(t \ \tau)} \right]$$

$$(5) \qquad + \sum \frac{4n}{2nX + \sin 2nX} \cos nx e^{-kn^2 t} \int_0^X f_1(x) \cos nx dx.$$

Supposons donc qu'au début d'une révolution on remplace la température constante de la paroi, c'est-à-dire la droite V_0V_0' (*fig.* 5) par une droite inclinée A_0V_0, en conservant la courbe V_0T_0 de la partie de la paroi soumise aux fluctuations intérieures. Soit x' la profondeur de la paroi à laquelle la température cesse d'être constante. Nous poserons tout de suite, en nous basant sur ce qui a été dit au § XI : $x' = 20$ millimètres, l'épaisseur totale de la paroi étant de 25 millimètres.

Pour toute valeur de x comprise entre 0 et x', on aura :

$$f_1(x) = V_0 - A_0 - \frac{V_0 - A_0}{2} x = a_1 - b_1 x,$$

et pour x compris entre x' et X on aura :

$$f_1(x) = 0.$$

Par conséquent les limites 0 et X de l'intégrale définie qui figure dans l'équation (5) doivent être remplacées par 0 et x'. Cette équation (5) deviendra, en remplaçant $f_1(x)$

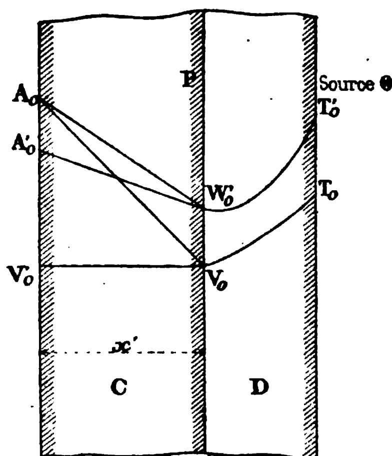


Fig. 5.

par sa valeur et représentant la somme des deux premiers termes par $V_1 - \theta$, expression correspondant au cas sans flux extérieur :

$$(6) \quad V_2 - \theta = V_1 - \theta - b_1 \sum \frac{4(1 - \cos nx')}{n(2nX + \sin 2nX)} \cos nx e^{-kn^2t}$$

L'état V_{02} de la paroi à la fin de cette première révolution s'obtiendra en faisant dans l'équation (6) : $t = t_1$. Cet état sera figuré par une droite $A'_0W'_0$ et par une courbe $W'_0T'_0$ (*fig.* 5).

Supposons maintenant qu'avant d'effectuer une deuxième révolution on substitue à la droite $A'_0W'_0$ la droite $A_0W'_0$.

L'état initial de cette deuxième révolution sera :

$$F(x) = V_{02} - f_2(x),$$

avec :

$$f_2(x) = A'_0 - A_0 - \frac{A'_0 - A_0}{2} x = a_2 - b_2 x$$

pour toute valeur comprise entre 0 et x' et $f_2(x) = 0$ pour x compris entre x' et X.

L'intégrale de la propagation de la chaleur pendant la deuxième révolution sera, eu égard à (6) :

$$(7)\quad V_2 - \theta = V_1 - \theta - b_1 \sum \frac{4(1 - \cos nx')}{n(2nX + \sin 2nX)} \cos nx e^{-kn^2(t_1 + t)}$$
$$b_2 \sum \frac{4(1 - \cos nx')}{n(2nX + \sin 2nX)} \cos nx e^{-kn^2 t}.$$

On procèdera de même pour la troisième révolution et pour les suivantes. A chacune d'elles, la température W_0' augmentera, mais de moins en moins, jusqu'à un certain état d'équilibre à partir duquel W_0' restera fixe.

En effet, lorsque l'état de la partie stationnaire, C, de la paroi est $V_0'V_0$, qu'il n'y a pas, par suite, de flux extérieur, la paroi ne peut ni perdre ni gagner de la chaleur pendant la durée totale d'un tour, et on a identiquement :

$$\int_0^{t_1} h(V_1 - \theta)\, dt = 0,$$

pour $x = X$ et même quel que soit x, comme on l'a vu au § IV.

Pendant le premier tour, au début duquel j'ai établi dans la paroi l'état A_0V_0, il y aura un flux ρ de chaleur sur la ligne A_0V_0, tendant à abaisser la température à l'extérieur de A_0 vers A'_0 et à l'augmenter à l'intérieur de V_0 vers W'_0, à moins que ce flux ne se perde complètement par la face intérieure. Soit F ce déplacement total de

chaleur pendant un tour dans la partie stationnaire C de la paroi. Dans la partie oscillante D, pendant le premier tour, la propagation de la chaleur ne diffère pas sensiblement de ce qu'elle était quand il n'y avait pas de flux dans la partie C ; le total de chaleur échangée

$$\int_0^{t_1} h\,(V_2 - \theta)\,dt$$

ne sera plus nul, mais en tout cas sera inférieur à F.

Effectivement, en faisant le calcul de l'équation (6), pour $t = t_1 = 0'',1$, la valeur constante de h étant 6,8, on trouve :

$$A'_0 = A_0 + (V_0 - A_0)\,0{,}08,$$
$$W'_0 = V_0 - (V_0 - A_0)\,0{,}0375.$$

Le flux ρ varie de :

$$\frac{K}{x}\,(V_0 - A_0), \text{ au commencement du tour,}$$

à

$$\frac{K}{x}\,(W'_0 - A'_0), \text{ à la fin du tour.}$$

On a d'ailleurs :

$$\frac{K}{x} = \frac{1{,}65}{2} = 0{,}825\,;$$

$$\frac{K}{x}\,(W'_0 - A'_0) = 0{,}825\,(V_0 - A_0)\,0{,}8825 = 0{,}728\,(V_0 - A_0).$$

La quantité de chaleur F qui s'est dirigée vers le plan P séparant les parties C et D de la paroi (*fig.* 5) est donc :

$$(8)\quad F = t_1\,\frac{0{,}825 + 0{,}728}{2}\,(V_0 - A_0) = t_1 . 0{,}7765\,(V_0 - A_0)$$

D'autre part, la quantité de chaleur perdue par la face intérieure s'obtient en faisant $x = X$ dans (6) et intégrant

de 0 à t_1. On a ainsi :

$$q = h \int_0^{t_1} (V_2 - \theta)\, dt = h \int_0^{t_1} (V_1 - \theta)\, dt$$

$$- hb_1 \int_0^{t_1} \sum \frac{4\,(1 - \cos nx')}{n\,(2nX + \sin 2nX)} \cos nX e^{-kn^2t}\, dt.$$

Le premier terme du second membre est nul. Le second a pour valeur :

$$(9)\ q = hb_1 0{,}00004 = ht_1 0{,}0004 \frac{V_0 - A_0}{2} = 0{,}00136\,(V_0 - A_0)\, t_1.$$

En comparant les quantités de chaleur F et q des équations (8) et (9), on voit que la dernière est beaucoup plus petite que la première. Donc la presque totalité de la chaleur se dirigeant de A_0 vers V_0, pendant le premier tour considéré, reste dans la paroi et tend à augmenter la température depuis V_0 jusqu'à W_0'.

Mais, à mesure que W_0' augmentera, q augmentera également, tandis que F diminuera. Lorsque ces deux quantités seront égales, W_0' restera fixe, et cette température caractérisera l'état permanent de la paroi dans le système de fonctionnement supposé. Il est tel que, à la fin de chaque tour, on ramène l'état intérieur de la partie C de la paroi de A'_0W_0' à A_0W_0', c'est-à-dire qu'on remplace la quantité de chaleur qui a disparu pendant la révolution et qui est proportionnelle au triangle $A_0W_0'A_0'$. Ce fonctionnement n'est pas, à proprement parler, le même que celui des enveloppes de vapeur, mais il s'en rapproche beaucoup, et la solution ainsi obtenue est exacte. Elle est donnée par l'équation suivante, obtenue par le même procédé que (6) et (7), en supposant qu'il y a eu

$(p+1)$ révolutions :

$$(10)\quad V_2-0=V_1-0-b_1\sum\frac{4(1-\cos nx')}{n(2nX+\sin 2nX)}\cos nx e^{-pkn^2t_1-kn^2t}$$
$$-b_2\sum\frac{4(1-\cos nx')}{n(2nX+\sin 2nX)}\cos nx e^{-(p-1)kn^2t_1-kn^2t}$$
$$-b_3\sum\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$-\quad \text{Etc.}$$

Les quantités b_1, b_2, b_3, sont de la forme $\alpha(V_0 - A_0)$ et vont en diminuant très rapidement. Si le nombre de tours $(p+1)$ est suffisamment grand, on peut négliger le terme en t dans les exponentielles, en sorte que la somme des termes en b est indépendante de t. On a finalement :

$$(11)\qquad V_2-0=V_1-0-f(x)(V_0-A_0).$$

La valeur de $f(x)$ se calcule à l'aide de l'équation (10).
Par exemple, pour $x=X$, on a : $f(X)=\lambda_0=0{,}098$.
Pour $x=x'=2$, on a : $f(x')=0{,}193$.

En faisant $x=x'$ dans l'équation (11), la valeur V_1 n'est autre que V_0, température fixe sans enveloppes, et V_2 est égal à W_0, température fixe avec enveloppes. Il vient alors :

$$(12)\qquad V_0-W_0=0{,}193(V_0-A_0)$$

et pour les températures T_1 et T_2 sur la surface intérieure, qu'on obtient en faisant $x=X$ dans (11) :

$$(13)\qquad T_2=T_1-0{,}098(V_0-A_0).$$

Ces valeurs de $f(x)$ ne s'appliquent qu'au cas où on suppose $h=6{,}8$, valeur que nous désignerons ci-après par h_0. Elles seraient autres si h était différent.

L'équation (11) caractérise l'action des enveloppes de vapeur, lorsque le pouvoir absorbant est constant. Elle

montre que la différence des flux de chaleur sur la surface intérieure, avec et sans enveloppes, est constante. On a en effet :

$$(14)\quad h_0(T_2 - \theta) - h_0(T_1 - \theta) = - h_0\lambda_0(V_0 - A_0).$$

Or, si ρ est le flux de chaleur envoyé par l'enveloppe dans la paroi, comme, lorsqu'il y a état permanent, celle-ci ne peut ni gagner ni perdre de chaleur, pendant chaque tour, on a :

$$\int_0^{t_1} h_0(T_2 - \theta)\,dt = - \rho t_1.$$

En intégrant (14) de 0 à t_1 et remarquant que :

$$\int_0^{t_1} h_0(T_1 - \theta)\,dt = 0$$

on obtient :

$$\int_0^{t_1} h_0(T_2 - \theta)\,dt = - h_0\lambda_0(V_0 - A_0)\,t_1 ;$$

des deux équations précédentes on déduit l'importante relation :

$$\rho = h_0\lambda_0(V_0 - A_0).$$

Elle permet d'abord de vérifier l'exactitude des coefficients $f(X)$ et $f(x')$. En effet on doit avoir :

$$\rho = \frac{K}{x'}(W_0 - A_0) = h_0\lambda_0(V_0 - A_0).$$

En remplaçant $W_0 - A_0$ par sa valeur déduite de (12) qui est : $(1 - 0{,}193)(V_0 - A_0)$, on vérifie l'identité précédente.

Elle montre, en outre, que la différence des flux sur la surface intérieure, avec et sans enveloppes, est non seulement constante, mais égale aux flux entrant par la

face extérieure. Donc, pendant l'admission de durée t_a, l'effet de l'enveloppe sera de diminuer de ρt_a la quantité de chaleur absorbée par la paroi ; au contraire, pendant l'émission de durée t_e, il sera d'augmenter de ρt_e la quantité de chaleur perdue au condenseur. Comme la durée de restitution est bien supérieure à la durée d'absorption, si on met en compte la dépense propre de l'enveloppe, non seulement celle-ci ne produira pas d'économie, mais il y aura une perte de chaleur inutile. Si $t_a = \frac{1}{10} t_1$ et $\rho t_1 = 10$ calories, on dépensera 10 calories pour en gagner une seule.

Ce résultat tient uniquement à l'hypothèse de h constant, quelle que soit du reste sa valeur, et nous démontre que, quel que soit le corps absorbant la chaleur perdue par la vapeur évoluant dans le cylindre, son pouvoir absorbant ne peut être constant. Ainsi, en admettant, suivant l'hypothèse de Zeuner, que le facteur des condensations soit de l'eau stagnante dans le cylindre, cette eau devrait avoir une perméabilité variable, ce qui est tout à fait invraisemblable.

Si h est une fonction du temps, la théorie exposée ci-dessus ne subsiste plus ; on n'a plus : $h\lambda\,(V_0 - A_0) = \rho$, mais au contraire : $h\lambda\,(V_0 - A_0) > \rho$ pendant l'admission, car le produit $h\lambda$ augmente quand h augmente. Les échanges de chaleur suivent une toute autre loi que nous allons étudier.

Nous avons démontré, dans les §§ VII et suivants, que le pouvoir absorbant de la surface intérieure des parois devait varier du commencement à la fin d'un tour et être beaucoup plus grand pendant l'admission que pendant l'échappement, en basant le raisonnement sur le fait expérimental que la température fixe de la paroi est supérieure à la température moyenne de la vapeur. Ce qui précède constitue une nouvelle démonstration de la variation du pouvoir absorbant, puisque, s'il était constant, quelle que fût sa valeur,

les chemises de vapeur ne procureraient aucune économie, tandis que la pratique prouve le contraire.

Il s'ensuit que les divers phénomènes, dont les cylindres sont le théâtre, présentent entre eux une parfaite concordance et procèdent d'une même loi simple.

XXII. **Effet des enveloppes de vapeur quand le pouvoir absorbant est variable.** — Nous allons rechercher quel est le cycle des températures sur la surface intérieure des parois, quand il y a des enveloppes de vapeur. Nous emploierons la méthode du diagramme fictif, exposée au commencement du § VIII.

Soit θ la température réelle de la vapeur, T la température à la surface de la paroi avec enveloppe, h le pouvoir absorbant variable, mais supposé connu, et $h_0 = 6{,}8$ le pouvoir absorbant au début du tour. Nous prendrons comme diagramme fictif le diagramme des températures θ' données par la relation suivante :

$$h(T - \theta) = h_0(T - \theta').$$

Ce diagramme θ' étant ainsi parfaitement déterminé, si je suppose maintenant que la chemise de vapeur soit enlevée et que le fonctionnement continue à s'effectuer avec le diagramme θ' et h_0 constant, pendant toute la révolution, les températures T_1 à la surface de la paroi seront données par des relations de la forme (voir § VIII) :

$$(15) \qquad T_1 = \alpha\theta'_0 + \beta\theta'_a + \gamma\theta'_d + \ldots, \text{ etc.}$$

Or, dans le paragraphe précédent, nous avons démontré que la température T correspondant au cas où la chemise de vapeur existe est liée à la température T_1 par la relation :

$$T - T_1 = -\lambda_0(V'_0 - A_0),$$

dans laquelle V_0' est la température moyenne du dia-

gramme θ', et A_0 la température à laquelle la chemise de vapeur maintient la face extérieure. La quantité V_0' a une expression de la forme :

$$(16) \qquad V_0' = a_0\theta'_0 + b_0\theta'_a + c_0\theta'_d + \ldots, \text{ etc.}$$

On a donc, en combinant les trois équations ci-dessus, pour le cycle T, un système d'équations de la forme :

$$(17) \quad T = (\alpha - \lambda_0 a_0)\,\theta'_0 + (\beta - \lambda_0 b_0)\,\theta'_a + \ldots, \text{ etc.}, \ldots + \lambda_0 A_0.$$

Ainsi les cofficients des θ' pour les cas des enveloppes se déduisent très simplement de ceux trouvés pour le cas sans enveloppes ; mais il est nécessaire de passer par l'intermédiaire du diagramme fictif.

Appliquons cette théorie à un exemple. Le diagramme des températures θ de la vapeur est le même qu'au § IX (*fig.* 2) : $t_1 = 1''$, $t_a = \frac{1}{10}\, t_1$. Nous supposons que la température de la vapeur dans l'enveloppe est la même que dans la chapelle du tiroir d'admission et, par suite, égale à $\theta_0 = o$. Nous ignorons *a priori* quelle sera la température A_0 sur la face extérieure de la paroi ; cette température doit cependant nous être connue pour que nous puissions appliquer les équations précédentes. Nous indiquerons plus loin les considérations théoriques qui permettent de la déterminer, et nous nous bornerons, pour le moment, à invoquer les résultats de l'expérience. Les observations effectuées par M. Bryan Donkin dans un grand nombre d'essais montrent que la température sur la face extérieure de la paroi est sensiblement égale à celle de la vapeur qui la baigne. Nous poserons donc : $A_0 = o$.

Nous déterminerons les coefficients α, β, γ de la formule (15), en partant de la formule générale suivante, déjà indiquée au § I, et dans laquelle $h_0 = 6{,}8$:

$$T_1 - \theta' = -\sum \frac{2\sin 2n_0X}{2n_0X + \sin 2n_0X}\left[\frac{e^{\;kn_0^2 t}}{1 - e^{-kn_0^2 t_1}}\int_0^{t_1} d\theta'\, e^{-kn_0^2(t_1-\tau)} + \int_0^{t} d\theta'\, e^{\;kn_0^2(t-\tau)}\right].$$

Les coefficients de la formule (16) sont connus d'après les phases du diagramme :

$$V'_0 = 0,20\theta'_a + 0,20\theta'_d + 0,25\theta'_e + 0,25\theta'_c + 0,05\theta_1.$$

On suppose, en outre, que, dans le diagramme réel des valeurs h, on a $h = h_0 = 6,8$ pour $t = o$, le restant du diagramme h étant le même que *fig.* 2.

On établit sans difficulté, comme nous l'avons décrit à diverses reprises, les équations en θ', puis on élimine θ', au moyen de la relation entre h, T, θ' et θ, et on résout par rapport à T. On trouve ainsi le système suivant (les valeurs T_0 et T_1 qui sont toujours très voisines sont ici, pour simplifier, confondues en une seule) :

$$(18)\quad \left\{\begin{array}{l} T_0 = 0,178\ \theta_d + 0,09\ \theta_e + 0,3243\theta_1 \\ T_a = 0,09358\theta_d + 0,035\ \theta_e + 0,016\ \theta_1 \\ T_d = 0,647\ \theta_d + 0,017\ \theta_e + 0,0117\theta_1 \\ T_e = 0,4773\ \theta_d + 0,1085\theta_e + 0,0197\theta_1 \\ T_c = 0,1874\ \theta_d + 0,052\ \theta_e + 0,022\ \theta_1 \end{array}\right.$$

La température moyenne du diagramme θ' est :

$$V'_0 = 0,40\theta_d + 0,1\theta_e + 0,06\theta_1.$$

S'il n'y avait pas d'enveloppes de vapeur, le diagramme réel θ donnerait sur la surface de la paroi le cycle de températures T'' exprimées par le système suivant :

$$(19)\quad \left\{\begin{array}{l} T''_0 = 0,2917\theta_d + 0,1546\theta_e + 0,337\theta_1 \\ T''_a = 0,1405\theta_d + 0,0636\theta_e + 0,022\theta_1 \\ T''_d = 0,6874\theta_d + 0,033\ \theta_e + 0,016\theta_1 \\ T_e = 0,5546\theta_d + 0,134\ \theta_c + 0,028\theta_1 \\ T_c = 0,454\ \theta_d + 0,26\ \theta_e + 0,022\theta_1 \\ V''_0 = 0,4604\theta_d + 0,153\ \theta_e + 0,06\ \theta_1 \end{array}\right.$$

En comparant les systèmes (18) et (19), on voit que l'effet des enveloppes, quand h est variable, est de relever le cycle des températures T beaucoup plus que cela n'a lieu quand h est constant. Dans ce dernier cas on au-

rait en effet, avec les notations actuelles :

$$T = T' - 0{,}098 V_0' ;$$

les T du système (18) ont des valeurs plus petites que celles qui résulteraient de cette équation.

Deuxième exemple. — Ce résultat serait encore plus accentué, si on supposait le coefficient h plus petit pendant l'émission que cela n'est admis dans le système (18). Il est présumable qu'il en est ainsi réellement, parce que, quand il y a une chemise de vapeur, les parois doivent devenir plus rapidement et plus complètement sèches pendant l'échappement. Nous supposerons donc que, au lieu de prendre, comme dans la *fig.* 2, à la fin de la détente : $h_d = 2h_0$ et pendant l'émission : $h_e = \frac{1}{6} h_0$, on prend $h_d = h_0$ et $h_e = \frac{1}{10} h_0$. Nous trouvons alors le système suivant analogue à (18):

$$(20) \quad \left\{ \begin{array}{l} T_0 = 0{,}1416\theta_d + 0{,}05\ \ \theta_e + 0{,}32\ \ \theta_1 \\ T_a = 0{,}0727\theta_d + 0{,}022\ \theta_c + 0{,}016\ \theta_1 \\ T_d = 0{,}48\ \ \theta_d + 0{,}016\ \theta_e + 0{,}0175\theta_1 \\ T_e = 0{,}3744\theta_d + 0{,}0713\theta_e + 0{,}020\ \theta_1 \\ T_c = 0{,}144\ \theta_d + 0{,}034\ \theta_e + 0{,}019\ \theta_1 \end{array} \right.$$

et la température moyenne du diagramme θ' est :

$$V'_0 = 0{,}28\theta_d + 0{,}06\theta_e + 0{,}04\theta_1.$$

La température fixe W_0 dans la paroi est donnée en fonction de V_0' par l'équation (12) qui est ici :

$$V'_0 - W_0 = 0{,}193 V_0', \qquad \text{ou} \qquad W_0 = 0{,}807 V_0'$$

ou encore en fonction de θ :

$$(20\ bis) \quad W_0 = 0{,}807 V_0' = 0{,}226\theta_d + 0{,}048\theta_e + 0{,}032\theta_1.$$

Troisième exemple. — Prenons enfin les valeurs de h

suivantes : $h_d = \frac{h_0}{2}$, $h_e = \frac{h_0}{20}$, les autres restant toujours les mêmes. On a pour T le système suivant :

$$(21) \quad \left\{ \begin{array}{l} T_0 = 0{,}10\theta_d + 0{,}03\ \theta_e + 0{,}32\ \theta_1 \\ T_a = 0{,}05\theta_d + 0{,}015\theta_e + 0{,}016\theta_1 \\ T_d = 0{,}32\theta_d + 0{,}016\theta_e + 0{,}017\theta_1 \\ T_e = 0{,}27\theta_d + 0{,}05\ \theta_e + 0{,}02\ \theta_1 \\ T_e = 0{,}11\theta_d + 0{,}03\ \theta_e + 0{,}018\theta_1 \end{array} \right.$$

La température moyenne du diagramme θ' est alors :

$$V_0' = 0{,}16\theta_d + 0{,}055\theta_e + 0{,}04\theta_1,$$

et la température fixe, W_0, de la paroi :

$$(21\ bis)\ W_0 = 0{,}807V_0' = 0{,}129\theta_d + 0{,}044\theta_e + 0{,}032\theta_1.$$

D'après les observations de M. Bryan Donkin sur les températures intérieures d'une paroi munie d'une chemise de vapeur, la température sur la face extérieure serait égale à celle de la vapeur, puis il y aurait un abaissement progressif de 8° à 10° au plus jusqu'au voisinage de la face intérieure, ce qui donne une limite de la valeur W_0. La formule (21 *bis*) est la plus rapprochée du résultat des expériences.

Il y a deux moyens d'identifier la formule théorique de W_0 avec les résultats expérimentaux. Ou bien on peut, comme le fait M. Bryan-Donkin, mesurer directement, au moyen de thermomètres, les températures A_0 et W_0. Ou bien on peut mesurer simplement le flux, ρ, de chaleur envoyé par la chemise dans la paroi, ce qui se fait facilement en prenant le poids de l'eau de condensation et présente plus de garanties d'exactitude que la première méthode. On a alors :

$$\rho = \frac{K}{x}(W_0 - A_0) = 0{,}825\,(W_0 - A_0) ;$$

d'où on déduit W_0 en admettant, ce qui est exact, que A_0 est la température de la vapeur dans l'enveloppe. La connaissance de W_0 suffit à caractériser la loi du pouvoir absorbant h, afférent au cas des enveloppes.

XXIII. **Échanges de chaleur avec les parois chemisées.** — Le calcul de la chaleur absorbée pendant l'admission doit être basé sur le diagramme fictif θ', dans lequel h est constant. On a démontré, au § XXI (équation 14), que, h étant constant, la différence des flux de chaleur avec et sans enveloppes est :

$$h_0\lambda_0 (V_0 - A_0) = \frac{K}{x}(W_0 - A_0) = 0{,}825 W_0.$$

On a donc, en appelant V et V′ les températures correspondant au diagramme θ' avec et sans enveloppes :

$$(22) \qquad -K\left(\frac{dV}{dx}\right)_X = -K\left(\frac{dV'}{dx}\right)_X - 0{,}825 W_0.$$

Or le flux $-K\left(\frac{dV'}{dx}\right)_X$ a été calculé dans les §§ XV et XVI en fonction des températures sur la paroi, qui sont ici T′.

On a trouvé, pour l'échange pendant l'admission, une formule du type suivant :

$$(23) \int_0^{t_a} -\left(\frac{dV'}{dx}\right)_X dt = \frac{Q'_1}{K} = \alpha T'_a + \beta T'_d + \gamma T'_e + \ldots, \text{etc.}$$

On sait, d'autre part, qu'entre les valeurs T′ et les valeurs T il existe la relation suivante :

$$T' = T + \lambda_0 V'_0.$$

On a donc, en remplaçant dans (23) les T′ par leurs

valeurs :

$$\frac{Q'_1}{K} = (\alpha T_a + \beta T_d + \gamma T_e + ...) + \lambda_0 V_0 (\alpha + \beta + \gamma + ...).$$

On peut démontrer théoriquement, et on le vérifie sans peine sur les équations (5) ou (6) du § XVI, que la somme :

$$\alpha + \beta + \gamma + ...$$

est égale à zéro.

En prenant l'intégrale de 0 à t_a de l'équation (22), on a alors, pour la chaleur échangée pendant l'admission, avec enveloppes :

$$(24)\ q_1 = \int_0^{t_a} - K \left(\frac{dV}{dx}\right)_X dt = K(\alpha T_a + \beta T_d + \gamma T_e + ...) - 0{,}825 W_0 t_a.$$

Les coefficients α, β, γ, etc., sont ceux de l'équation (5) du § XVI.

Application. — Calculons le premier terme de l'équation (24) à l'aide des valeurs (20) trouvées dans le deuxième exemple du paragraphe précédent. Il vient, par unité de surface,

$$q_1 = K(0{,}0744\theta_d + 0{,}011\theta_e + 0{,}04\theta_1) - 0{,}0825 W_0$$

ou :

$$q_1 = 0{,}1041\theta_d + 0{,}0142\theta_e + 0{,}0634\theta_1.$$

D'autre part, on a trouvé au § XVI que la chaleur absorbée dans le même cas sans enveloppes, pendant l'admission, est, par unité de surface :

$$Q_1 = 0{,}245\theta_d + 0{,}0802\theta_e + 0{,}1155\theta_1.$$

L'économie réalisée dans les condensations sur les parois intérieures est donc :

$$Q_1 - q_1 = 0{,}141\theta_d + 0{,}066\theta_e + 0{,}0521\theta_1,$$

tandis que la dépense de chaleur effectuée dans l'enveloppe, pendant toute la durée du tour, c'est-à-dire dans le cas présent pendant une seconde, pour produire cette économie, est, par unité de surface :

$$q_2 = 0{,}825 W_0 = 0{,}186 \theta_d + 0{,}0396 \theta_e + 0{,}0264 \theta_1.$$

La dépense serait ainsi, comme il résulte de la comparaison de $Q_1 - q_1$ et de q_2, légèrement supérieure à l'économie.

Deuxième cas. — Calculons l'expression (24) en partant des valeurs T du système (21). Il vient :

$$q_1 = 0{,}076 \theta_d + 0{,}013 \theta_e + 0{,}06 \theta_1,$$

Dans ce cas on a $q_1 < \frac{Q_1}{2}$, et l'économie réalisée dans l'échange est :

$$Q_1 - q_1 = 0{,}168 \theta_d + 0{,}0672 \theta_e + 0{,}0555 \theta_1,$$

tandis que la dépense dans l'enveloppe est :

$$q_2 = 0{,}825 W_0 = 0{,}1064 \theta_d + 0{,}0363 \theta_e + 0{,}033 \theta_1.$$

Par rapport au cas sans enveloppes, l'économie réelle qu'on trouve ici est mesurée par le rapport :

$$\frac{Q_1 - (q_1 + q_2)}{Q_1},$$

qui est voisin de 25 p. 100. Dans la pratique, l'économie réelle est ordinairement beaucoup moins forte.

XXIV. **Mécanisme de l'action des chemises de vapeur.** — Le mécanisme de l'action des chemises de vapeur nous paraît éclairci par les développements qui précèdent.

Quand il n'y a pas de vapeur dans les chemises et qu'il n'y a ni échauffement ni refroidissement de la face exté-

rieure de la paroi, celle-ci atteint un état d'équilibre dans lequel toute la chaleur absorbée par la face intérieure pendant la compression et l'admission est exactement restituée pendant la détente et l'émission. Cette restitution s'opère avec un pouvoir émissif beaucoup plus faible que le pouvoir absorbant et, par conséquent, sous des différences de températures élevées, ce qui fait que la température moyenne des cycles de parois est plus élevée que la température moyenne de la vapeur. Si j'introduis subitement de la vapeur dans la chemise, cette vapeur enverra dans la paroi un flux de chaleur assez considérable à cause de la grande différence existant entre sa température et celle de la paroi, lequel flux de chaleur ne pourra pas s'échapper par la face intérieure pendant l'échappement et sera, par suite, employé à produire une élévation de température de la paroi. Cette élévation déterminera à son tour un relèvement du cycle sur la face intérieure, en sorte que la chaleur restituée à la vapeur évoluant dans le cylindre deviendra supérieure à celle qui lui avait été soustraite. Tant que la différence sera inférieure au flux venant de la chemise de vapeur, il y aura accroissement des températures de la paroi. Cet accroissement sera d'autant plus élevé que le pouvoir émissif de la face intérieure sera plus petit pendant l'échappement : l'action économique des enveloppes est uniquement due à la faible valeur de ce coefficient.

La chaleur demandée à la chemise est égale à l'excédent de la chaleur restituée par la face intérieure sur la chaleur absorbée par elle. Il y a restitution pendant la détente, l'échappement est une partie de la compression. Soit h_1 le pouvoir émissif moyen. La quantité de chaleur restituée est une expression de la forme :

$$\int h\,(T - \theta)\,dt = h_1 \int (T - \theta)\,dt.$$

Le maximum de cette valeur sera obtenu lorsque T′ sera le plus grand possible, c'est-à-dire égal à zéro, température maxima de la vapeur. Cela représente aussi le maximum de la chaleur demandée à la chemise. Il n'est pas douteux qu'elle pourra facilement le fournir, même si la température A_0 sur la face extérieure de la paroi est très voisine de celle de la vapeur, car dans la chemise s'opèrent continuellement des condensations qui couvrent la paroi d'humidité en lui conférant la perméabilité maxima. Ainsi, d'une part, la vapeur de la chemise ne cède à la paroi qu'une quantité relativement faible de chaleur, d'autre part, cette cession s'effectue sous l'empire d'un pouvoir absorbant très élevé.

Il s'ensuit qu'il ne peut y avoir qu'une différence très faible entre la température de la vapeur de la chemise et celle de la face extérieure de la paroi.

Pour en revenir à la loi de variation de *h*, on a démontré, en premier lieu, que, si *h* est constant, le relèvement du cycle des températures T sur la face intérieure est juste suffisant pour diminuer la chaleur absorbée et augmenter la chaleur restituée d'une quantité exactement égale au flux provenant de la chemise. Dans ce cas, la perte totale de chaleur dans l'enveloppe est bien supérieure au bénéfice dans le cylindre.

En second lieu, si *h* a les mêmes valeurs pendant l'échappement, avec et sans enveloppes, le relèvement du cycle T (équations 18) est tel que la diminution de la quantité de chaleur absorbée pendant l'admission, quoique importante, n'est pas encore égale à la dépense de l'enveloppe.

Mais précisément à cause de cette diminution de la chaleur absorbée, à cause surtout de la restitution rapide qui s'opère pendant la détente et le début de l'échappement, la paroi s'assèche plus vite quand il y a une enveloppe de vapeur que quand il n'y en a pas, et *h* doit être,

pendant l'échappement, moindre dans le premier cas que dans le second.

Cette hypothèse paraît très plausible, et on a vu, en dernier lieu, qu'elle est nécessaire pour expliquer l'économie produite par les enveloppes.

L'hypothèse de la diminution du pouvoir absorbant pendant l'admission est moins certaine. Assurément il y aura moins de chaleur absorbée et moins d'eau condensée sur la paroi ; néanmoins, il y en aura généralement en quantité suffisante pour permettre à h d'acquérir des valeurs élevées. Dès l'instant qu'une paroi est humide, son pouvoir absorbant est considérable, et la quantité plus ou moins grande d'humidité, au-dessus d'une valeur minima, ne le modifie plus sensiblement, comme nous l'avons déjà expliqué.

Il n'est, en définitive, possible d'expliquer complètement l'action économique des enveloppes que par la diminution du pouvoir émissif par rapport à ce qu'il est sans enveloppes.

La température sur la face intérieure de la paroi a une amplitude d'oscillation beaucoup moindre et est beaucoup plus voisine de la température maxima de la vapeur avec enveloppes que sans enveloppes ; néanmoins, elle diffère toujours de cette température maxima. Il n'en pourrait être autrement que dans le cas limite où le pouvoir émissif pendant l'échappement serait tellement faible que le flux supplémentaire provenant de la chemise de vapeur ne pourrait être expulsé totalement. Dans ce cas, la température de la paroi ne cesserait d'augmenter jusqu'à la température de la vapeur ; il n'y aurait plus d'absorption de chaleur par la face intérieure, mais seulement une légère perte à l'échappement, le pouvoir émissif étant voisin de zéro, qui serait égale au flux également très faible fourni par la chemise. Ce cas limite est d'ailleurs impossible en pratique, avec des parois métal-

liques tout au moins, car le coefficient de conductibilité extérieure ne descend pas au-dessous d'un dixième de calorie par degré, seconde et mètre carré, même avec de la vapeur surchauffée en présence de parois absolument sèches, par exemple portées au rouge sombre.

En résumé, les enveloppes de vapeur n'ont une action économique que parce qu'elles modifient les conditions physiques des échanges de chaleur par la face intérieure des parois. Leur effet présente une certaine analogie avec celui qu'on produirait en revêtant les parois métalliques intérieures de substances calorifuges. Ce dernier moyen serait le plus rationnel et certainement le plus efficace pour faire disparaître presque en totalité les condensations: c'est la solution de l'avenir, qui constituera l'un des derniers progrès, et non le moins important, de la machine à vapeur.

Bourges, juillet 1898.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE I.

Température fixe et pouvoir absorbant des parois.

CHAPITRE II.

Cycles des températures des parois.

CHAPITRE III.

Théorie des échanges de chaleur.

CHAPITRE IV.

Théorie des enveloppes de vapeur.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'AUTRICHE EN 1896.

NATURE DES PRODUITS	QUANTITÉS	VALEURS	PRIX MOYEN
1° *Mines.*	tonnes	francs	fr. c
Houille	9.899.522	87.079.665	8.80
Lignite	18.882.·36	89.482.192	4,74
Roches asphaltiques	390	28.015	71,83
Minerai de fer	1.448.615	8.512.803	5,88
— de plomb	14.563	2.614.653	179,54
— de cuivre	6.823	674.974	98,93
— de zinc	26.887	1.170.862	43.55
— d'étain	15	6.108	407,20
— d'or	416	119.578	287,45
— d'argent	18.701	4.746.187	253,79
— de mercure	83.304	1.922.784	23.08
— d'antimoine	905	199.156	220,06
— de manganèse	3.950	84.676	21,44
— de wolfram	21	17.241	821.00
— d'urane	30	70.234	2.341.13
— de soufre	643	20.429	31,77
Graphite	35.972	3.004.651	83,53
2° *Usines et salines.*			
Fonte	816.967	71.088.764	87,01
Plomb	9.769	3.772.224	386,14
Litharge	1.738	670.612	385,85
Cuivre	1.001	1.365.796	1.364.43
Sulfate de cuivre	265	129.816	489,87
Zinc	6.888	3.174.916	460,93
Etain	54	112.755	2.088,06
Mercure	564	2.839.747	5.035,01
Antimoine	422	322.414	764,01
	kilogr.		
Or	70	244.315	3.490.21
Argent	39.304	5.288.055	134,54
Sels d'urane	4.245	116.236	27,38
	tonnes		
Sel	308.932	56.773.822	183,77

La valeur totale, en comptant divers produits non inscrits au tableau ci-dessus, s'est élevée à 199.803.820 francs pour les produits des mines, et à 90.073.058 francs pour ceux des usines.

Le nombre des ouvriers employés a été :

Dans les mines, de	119.742
Dans les usines, de	8.292
Soit en tout	128.034

se décomposant en :

Hommes..................	115.325
Femmes..................	6.633
Jeunes gens..............	6.059
Enfants..................	17

L'exploitation des mines a fait, parmi les ouvriers et jeunes gens qui y étaient employés, 945 victimes, dont 189 tués et 756 blessés grièvement, soit, pour 10.000 ouvriers et jeunes gens 16,36 tués et 65,42 blessés grièvement. On a compté 17 explosions de grisou, par suite desquelles :

2 ouvriers ont été tués,
21 — blessés grièvement,
et 7 — blessés légèrement.

(*Extrait de l'*Œsterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA HONGRIE EN 1896.

NATURE DES PRODUITS	QUANTITÉS	VALEURS	PRIX MOYEN
	tonnes	francs	fr. c.
Houille	1.132.625	14.439.104	12,76
Lignite	3.773.728	30.807.732	8,16
Briquettes	31.179	610.866	19,59
Coke	25.550	359.128	14,06
Roches asphaltiques	18.261	4.510	0,25
Bitume	2.740	351.123	128,15
Huile minérale	2.168	133.407	61,53
Minerais de fer exportés	391.663	3.169.096	8,09
— de manganèse exportés	1.991	5.155	2,59
Fonte d'affinage	384.345	34.436.760	89,60
Fonte de moulage	15.183	3.052.764	201,06
Plomb	1.911	608.904	318,63
Litharge	465	190.427	409,52
Cuivre	159	190.832	1.200,20
Minerai de zinc	30	1.766	58,87
Minerai d'antimoine	861	75.844	88,09
Antimoine (régule et métal)	650	467.149	718,69
Minerai de nickel et de cobalt	46	111.525	2.424,46
Alliages de nickel et de cobalt	18	18.113	1.006,17
Etain	3,1	4.557	1.470,00
Mercure	1	5.523	5.523,00
Bismuth	3,6	43.193	11.998,06
Soufre	138	18.108	131,22
Acide sulfurique	4.887	156.410	32,00
Sulfure de carbone	352	156.410	444,35
	kilogr.		
Or	3.208	12.991.842	4.049,83
Argent	19.839	2.898.854	146,12

La valeur totale, en comptant quelques autres produits non inscrits au tableau précédent, s'est élevée à 105.833.542 francs.

Le nombre des ouvriers employés à l'exploitation des mines a été, en 1896, de :

Hommes..........	.670
Femmes..................	1.647
Enfants..................	6.237
Total.........	64.554

Les accidents survenus en 1896 ont donné lieu à :

153 tués.................	soit 23,7	pour 10.000	ouvriers
184 blessés grièvement...	— 28,5		—
552 blessés légèrement...	— 85,5		—

L'élévation du premier chiffre provient d'une explosion survenue, le 18 décembre 1896, au Szicsenschacht, dans le district d'Oravicza, par suite de laquelle 69 ouvriers ont été blessés mortellement, et 26 grièvement.

(*Extrait de l'*Œsterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA BAVIÈRE EN 1897.

NATURE DES PRODUITS	QUANTITÉS	VALEURS	NOMBRE d'ouvriers
1° *Mines et Salines.*			
	tonnes	francs	
Houille................................	917.022	11.335.429	5.792
Lignite................................	39.043	124.564	210
Minerai de fer........................	172.699	869.044	698
— de manganèse..............	130	987	3
Pyrites................................	2.211	35.401	35
Graphite	3.861	330.630	—
Sel gemme............................	1.161	27.934	103
Sel extrait par dissolution...........	41.533	1.940.145	242
2° *Usines.*			
Fonte brute..........................	83.418	4.844.661	454
Fer en barres	58.200	9.421.119	2.387
Acier..................................	115.530	14.255.174	445

(*Extrait de l'*Œsterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.)

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES, CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 25 avril 1898 (*) *autorisant l'établissement d'un dépôt de dynamite sur le territoire de la commune de* JEUMONT (Nord)

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — La Société anonyme des carrières de grès de Jeumont (Nord) est autorisée à établir un dépôt de dynamite de 2e catégorie sur le territoire de la commune de Jeumont, au lieu dit Watissart, sous les conditions énoncées aux articles suivants.

Art. 2. — Le dépôt sera établi dans l'emplacement marqué sur le plan d'ensemble produit par la société pétitionnaire, lequel plan restera annexé au présent décret.

Art. 3. — Le bâtiment sera, dans toutes ses parties, de construction légère ; il comportera un plafond et un faux grenier.

Des évents fermés par une toile métallique seront ménagés tant dans le faux grenier que dans le magasin, pour déterminer une large ventilation.

La toiture non métallique devra être aussi légère que possible et présenter une saillie suffisante pour protéger les évents du magasin contre les rayons directs du soleil.

Le sol sera soigneusement dallé et les parois du bâtiment seront recouvertes d'un enduit propre à préserver la dynamite contre l'humidité.

Le dépôt sera fermé par une porte double en menuiserie pleine, munie d'une serrure de sûreté.

Art. 4. — Le dépôt sera entouré d'une levée en terre dont le

(*) Non inséré à sa date.

talus intérieur sera établi sur une épaisseur de 50 centimètres, avec des terres débarrassées de pierres, et sera gazonné : ce talus, dont la pente sera aussi raide que le permettra la nature du remblai, aura son pied à 1 mètre de distance du soubassement du bâtiment, et son sommet à 1 mètre au moins au-dessus du niveau du faîte de ce bâtiment. A cette hauteur, la levée conservera à toute époque une largeur minimum de 1 mètre. Elle sera traversée, pour l'accès du dépôt, par un passage voûté.

Art. 5. — La levée en terre sera elle-même enveloppée par une palissade en boiserie de 3m,50 de hauteur au moins, placée à 1 mètre du pied du talus extérieur. La partie supérieure de cette palissade ne sera pas coupée par la baie d'accès, qui y sera ménagée avec une hauteur maximum de 2 mètres et qui sera fermée par une porte solide pourvue d'une bonne serrure.

Art. 6. — Un logement de gardien sera établi à proximité du dépôt.

Art. 7. — Avant que le dépôt puisse être mis en service, les travaux devront être vérifiés, sur l'ordre du préfet du département, par un ingénieur des mines ou des ponts et chaussées qui, avec le concours d'un ingénieur des poudres et salpêtres délégué par le ministre de la guerre, s'assurera que toutes les conditions ci-dessus ont été remplies et, sur le compte qui lui sera rendu par ces ingénieurs, le préfet autorisera, s'il y a lieu, la mise en service du dépôt. Avis de cette mise en service sera donnée au ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

Le dépôt sera, en outre, au point de vue technique, soumis en tout temps au contrôle des ingénieurs des poudres et salpêtres et des employés de l'administration des douanes, sans que l'assistance de l'autorité municipale soit nécessaire.

Art. 8. — La quantité maximum de dynamite que le dépôt pourra recevoir est fixée à 50 kilogrammes.

Art. 9. — La manutention du dépôt sera confiée à des hommes de choix, etc. (*).

(*) Voir *suprà*, page 5, Décret du 20 janvier 1898, Dépôt de dynamite à Montdardier (Gard) ; — art. 6 et suivants.

Décret du Président de la République, du 3 août 1898, portant modification du décret du 6 août 1881, sur l'établissement et l'exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques (*).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu la loi du 11 juin 1880 (**), et notamment l'article 38;

Vu le décret du 6 août 1881 (**), portant règlement d'administration publique pour l'établissement et l'exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques, et notamment l'article 48;

Vu l'article 87 de la loi de finances du 13 avril 1898 ;

Le conseil d'État entendu,

Décrète :

Art. 1er. — Les alinéas 1, 2 et 6 de l'article 48 du règlement d'administration publique du 6 août 1881 sont complétés comme il suit :

1er *alinéa.* — Le concessionnaire de toute voie ferrée affectée au transport des marchandises est tenu de s'entendre avec tout propriétaire de « carrières », de mines ou d'usines, « avec tout propriétaire ou concessionnaire de magasins généraux et avec tout concessionnaire de l'outillage des ports maritimes ou de navigation intérieure », qui, offrant de se soumettre aux conditions prescrites ci-après, demande un embranchement; à défaut d'accord, le préfet statue sur la demande, le concessionnaire entendu.

2e *alinéa.* — Les embranchements sont construits aux frais des propriétaires de carrières, de mines et d'usines, « des propriétaires ou concessionnaires de magasins généraux, ou des concessionnaires de l'outillage des ports maritimes ou de navigation intérieure », et de manière qu'il ne résulte de leur établissement aucune entrave à la circulation générale, aucune cause d'avarie pour le matériel, ni aucuns frais particuliers pour le service de la ligne principale.

6e *alinéa.* — Le concessionnaire est tenu d'envoyer des wagons sur tous les embranchements autorisés, destinés à faire communiquer des établissements de carrières, de mines ou d'usines, de magasins généraux ou d'outillage des ports maritimes ou de navigation intérieure avec la ligne principale.

(*) Voir *suprà*, p. 392, le décret du 31 juillet 1898.

(**) Vol. de 1881, p. 309 et 318.

Art. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des Lois*.

Fait au Havre, le 3 août 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
TILLAYE.

Décision ministérielle, du 8 *août* 1898, *déclarant MM.* LAUZIER, ESCALIER et MARTIN, *adjudicataires, au prix de* 250 *francs, de la concession des mines de cuivre, argent et autres métaux du* CHAPEAU (Hautes-Alpes) (*).

Décret du Président de la République, du 9 *août* 1897, *déclarant d'intérêt public les sources minérales* « PAROT », « FONTFORT N° 2 » *et* « PUITS-SAINT-GEORGES », *situées sur le territoire de la commune de* SAINT-ROMAIN-LE-PUY (Loire).

Art. 1er. — Sont déclarées d'intérêt public les sources minérales dites « Parot », « Fontfort n° 2 » et « Puits-Saint-Georges », situées sur le territoire de la commune de Saint-Romain-le-Puy, arrondissement de Montbrison, département de la Loire.

Art. 2. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais des propriétaires des sources précitées, dans la commune de Saint-Romain-le-Puy, dans les chefs-lieux de canton de l'arrondissement de Montbrison et au chef-lieu du département.

Art. 3. — Le ministre de l'intérieur est chargé, etc.

(*) Concession ayant fait l'objet d'un arrêté de déchéance du 29 juin 1897. — Les formalités d'adjudication avaient eu lieu, le 2 juillet 1898, à la préfecture du département des Hautes-Alpes, sans qu'aucun adjudicataire n'ait été désigné.

Décret du Président de la République, du 11 août 1898, portant institution de la concession des mines de mispickel et autres minerais connexes de VILLANIÈRE (Aude).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — Il est fait concession à M. Marius Esparseil, déjà propriétaire de la concession de Salsigne (*), des mines de mispickel et autres minerais connexes, comprises dans les limites ci-après définies, commune de Villanière, les Ilhes et le Mas-Cabardès, arrondissement de Carcassonne, département de l'Aude.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Villanière*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par une ligne droite tirée du point G, point de rencontre des limites des communes des Ilhes, du Mas-Cabardès, de Labastide et de Roquefère, au clocher du Mas-Cabardès, point H ;

A l'*ouest* par une ligne droite allant du point H au point O, déterminé par la rencontre de lignes droites tirées, l'une du point de rencontre du chemin de Cannecaude avec la limite des communes de Salsigne et de Villardonnel (sommet E de la concession de Salsigne) à l'angle nord-ouest de la métairie de Ville-Pascal-Haut, l'autre du clocher de Villanière à la métairie de la Farenque, ce point O se confondant avec le sommet O de la concession de Salsigne ;

Au *sud :* 1° par une ligne droite allant de ce point O au point C, clocher de Villanière et formant limite commune entre la présente concession et celle de Salsigne ; 2° par une autre ligne droite allant du point C au point B, clocher des Ilhes ;

A l'*est*, par une ligne droite allant du point B au point G, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de six kilomètres carrés, quatre-vingt-quatre hectares (684ha).

Art. 3. — M. Esparseil est autorisé à réunir la présente conces-

(*) Concession de mines de fer instituée par décret du 6 février 1877 (vol. de 1877, p. 11) et étendue, par décret du 24 décembre 1897 (vol. de 1897, p. 507), à la pyrite de fer et autres métaux connexes.

sion à la concession de Salsigne, également située dans le département de l'Aude.

Art. 4. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger au mispickel et autres métaux connexes qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de Villanière.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire des mines de Villanière, soit à une autre personne.

Art. 5. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0f,10c) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 6. — Le concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 7. — Si le concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*).

Art. 8. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais du concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étendent les concessions réunies.

Art. 9. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE VILLANIÈRE,

Conforme au cahier des charges de la concession de La Fare (voir *suprà*, p. 43).

Art. 1er. — *Délai d'abornement :* Trois mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau :* 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer :* 10 mètres.

(*) Conforme à l'article 6 du décret du 8 février 1898, instituant la concession de La Fare (voir *suprà*, p. 42).

Décret du Président de la République, du 17 août 1898, *portant réorganisation du comité consultatif des chemins de fer.*

RAPPORT

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Paris, le 17 août 1898.

Monsieur le Président,

Le comité consultatif des chemins de fer a été institué par le décret du 31 janvier 1878 (*), aux termes duquel il devait comprendre de douze à quinze membres nommés par décret et trois membres de droit. Il a été réorganisé à plusieurs reprises, et son effectif, qui s'est accru à chaque réorganisation, a été porté en dernier lieu, par les décrets des 1er, 5 et 13 juin 1898 (**), à soixante-dix-neuf membres, sans compter les huit inspecteurs généraux, directeurs du contrôle des chemins de fer, et un des ingénieurs en chef adjoints à la direction des chemins de fer qui ont entrée au comité; il est, en outre, attaché au comité, un secrétaire, deux secrétaires-adjoints et quatre rapporteurs-adjoints. Les personnes siégeant, à des titres divers, dans cette assemblée ne sont donc pas moins de quatre-vingt-quinze.

Avec un tel effectif, le comité a toute autorité pour délibérer sur les affaires importantes; mais il ne saurait pourvoir d'une façon satisfaisante à l'expédition des multiples affaires courantes; ces affaires soulèvent des discussions de détail pour lesquelles une assemblée aussi nombreuse n'est pas faite. Néanmoins, loin de pouvoir être diminué, le nombre des membres du comité paraît devoir être augmenté, afin de réparer certaines omissions et de combler certaines lacunes des derniers décrets.

Dans ces conditions, il m'a paru qu'il conviendrait, en s'inspirant de ce qui a déjà été fait pour de grands comités relevant d'autres ministères, pour les conseils supérieurs du commerce et de l'agriculture notamment, de créer, au sein du comité consultatif, une section permanente chargée de statuer sur les affaires courantes; le comité n'aurait plus à se prononcer en assemblée

(*) Vol. de 1878, p. 10.
(**) Voir *suprà*, p. 369, 374, 379.

générale que sur les affaires les plus importantes, qui actuellement sont étudiées préalablement par des commissions spéciales.

D'ailleurs, afin de ménager tous les intérêts représentés dans le comité, les membres ne faisant pas partie de la section permanente recevraient cependant les ordres du jour de cette section avec rapports à l'appui, et ils seraient libres, quand ils le jugeraient convenables, de prendre part aux délibérations de la section permanente avec voix consultative. De plus, dans le cas où une affaire soumise à la section permanente présenterait des difficultés particulières, il appartiendrait au vice-président, soit d'office, soit sur la demande de cinq membres au moins de cette section, d'en renvoyer l'examen à l'assemblée générale du comité.

J'espère que vous voudrez bien donner votre haute approbation à ces dispositions et revêtir de votre signature le projet de décret ci-joint.

Agréez, je vous prie, monsieur le Président, l'hommage de mon profond respect.

Le Ministre des travaux publics,
L. Tillaye.

Le Président de la République française,

Vu le décret du 31 janvier 1878 (*), instituant un comité consultatif des chemins de fer;

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Décrète :

Art. 1er. — Le comité consultatif comprend, indépendamment des inspecteurs généraux, directeurs des services de contrôle des chemins de fer, dont il sera question à l'article suivant, cent membres, dont dix membres de droit et quatre-vingt-dix membres nommés par décret.

Sont membres de droit :

Les présidents des commissions des chemins de fer et des douanes du Sénat;

Les présidents des commissions des chemins de fer et des douanes de la Chambre des députés ;

Le président de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce, de l'industrie et des postes et télégraphes, du conseil d'État;

(*) Vol. de 1878, p. 10.

Le directeur des chemins de fer au ministère des travaux publics ;

Le directeur des routes, de la navigation et desmines au ministère des travaux publics ;

Le directeur du personnel et de la comptabilité au ministère des travaux publics ;

Le directeur des chemins de fer de l'État ;

Le vice-président du comité de l'exploitation technique des chemins de fer.

Les membres nommés par décret comprennent :

Dix sénateurs ;

Vingt députés ;

Cinq membres du conseil d'État, de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie ;

Un membre de la cour des comptes ;

Cinq représentants du ministère des finances ;

Cinq représentants du ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes ;

Le président du tribunal de commerce de la Seine ;

Douze membres des chambres de commerce de Paris et des départements ;

Cinq représentants du ministère de l'agriculture ;

Six membres de la société nationale d'agriculture de France, de la société nationale d'encouragement à l'agriculture, de la société des agriculteurs de France, de la société nationale d'horticulture de France, de la société des viticulteurs de France et d'ampélographie ou autres sociétés agricoles ;

Un représentant du ministère des affaires étrangères ;

Un représentant du ministère de l'intérieur ;

Un représentant du ministère de la guerre ;

Un représentant de l'administration de l'Exposition universelle de 1900 ;

Cinq membres du corps des ponts et chaussées ;

Un membre du corps des mines ;

Un représentant de l'industrie minière ;

Deux représentants de la navigation intérieure ;

Trois ingénieurs civils ;

Un actuaire ;

Un membre de la commission permanente du congrès international des chemins de fer ;

Deux représentants des ouvriers et employés des compagnies de chemins de fer.

Art. 2. — Les inspecteurs généraux, directeurs du contrôle des chemins de fer, sont membres de droit du comité avec voix délibérative pour les affaires de leur service et voix consultative pour les autres affaires. Ils peuvent se faire remplacer avec voix consultative par un des chefs de service placés sous leurs ordres.

Un des ingénieurs en chef adjoints à la direction des chemins de fer a entrée au comité avec voix consultative.

Art. 3. — Un secrétaire avec voix délibérative et deux secrétaires adjoints avec voix consultative, pris parmi les maîtres des requêtes ou les auditeurs au conseil d'État, sont attachés au comité par arrêté ministériel. Le secrétaire et les secrétaires adjoints peuvent être appelés concurremment avec les membres du comité à présenter des rapports.

Quatre auditeurs au conseil d'État nommés par arrêté ministériel sur la présentation du vice-president du comité et dont trois au moins choisis dans la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie, sont adjoints en qualité de rapporteurs pour les affaires d'importance secondaire. Ils ont voix consultative.

Art. 4. — Le comité est présidé par le ministre des travaux publics.

Un vice-président est nommé, chaque année, par arrêté ministériel pour présider les séances en l'absence du ministre, assurer la marche du service et désigner les rapporteurs.

Art. 5. — Les membres du comité consultatif sont nommés pour deux ans. Les membres sortants peuvent être renommés.

Exceptionnellement, et à titre de mesure transitoire, les premiers membres nommés après la promulgation du présent décret resteront en fonctions jusqu'au 31 décembre 1900.

Art. 6. — Cesseront de plein droit de faire partie du comité les membres qui n'exerceront plus les fonctions qui ont motivé leur nomination.

Ils seront immédiatement remplacés par des membres appartenant aux catégories qu'ils représentaient eux-mêmes, conformément aux dispositions des articles 1 et 2.

Art. 7. — Le comité est nécessairement consulté :

Sur l'homologation des tarifs;

Sur l'interprétation : 1° des lois et règlements relatifs à l'exploitation commerciale des chemins de fer; 2° des actes de concession ; 3° des cahiers des charges ;

Sur les rapports des administrations de chemins de fer entre elles ou avec les concessionnaires des embranchements ;

Sur les traités passés par les administrations de chemins de fer et soumis à l'approbation du ministre;

Sur les demandes en autorisation d'émission d'obligations;

Sur les demandes d'établissement de stations ou haltes sur les lignes en exploitation;

Sur les réclamations relatives à la marche des trains;

Sur les vœux ou pétitions tendant à la création de nouveaux trains.

Art. 8. — Le comité délibère, en outre, et fournit son avis sur toutes les autres questions qui lui sont soumises par le ministre relativement à l'établissement et à l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général, d'intérêt local ou des tramways, notamment sur le mode à adopter pour la mise en exploitation des lignes nouvelles, sur le rachat des concessions ou la fusion des compagnies. Il donne également son avis sur toutes les questions relatives à l'organisation, par les soins des compagnies, de caisses de retraites, d'économats et toutes autres institutions analogues.

Art. 9. — Il est institué au sein du comité consultatif une section permanente chargée de délibérer et de fournir son avis sur les affaires courantes.

Cette section est présidée par le ministre des travaux publics et, en son absence, par le vice-président. Elle comprend, en outre, quarante membres, dont quatre membres de droit et trente-six membres désignés annuellement par le ministre.

Exceptionnellement, et à titre de mesure transitoire, les premiers membres désignés après la promulgation du présent décret resteront en fonctions jusqu'au 31 décembre 1899.

Sont membres de droit de la section permanente : le directeur des chemins de fer, le directeur des routes, de la navigation et des mines, le directeur du personnel et de la comptabilité au ministère des travaux publics et le directeur des chemins de fer de l'État.

Les trente-six membres désignés annuellement par le ministre comprennent :

Quatre sénateurs, dont le président de la commission des chemins de fer du Sénat;

Huit députés, dont le président de la commission des chemins de fer de la chambre des députés;

Trois membres du conseil d'État, de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie;

Un membre de la cour des comptes;

Deux représentants du ministère des finances;

Trois représentants du ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes ;

Trois représentants du ministère de l'agriculture ;

Trois membres des corps des ponts et chaussées et des mines ;

Six représentants du commerce, de l'industrie et de l'agriculture ;

Un membre de la commission permanente du congrès international des chemins de fer ;

Deux représentants des ouvriers et employés des compagnies de chemins de fer.

Les inspecteurs généraux, directeurs du contrôle, ont entrée à la section permanente avec voix délibérative pour les affaires de leur service et avec voix consultative pour les autres.

Les autres membres du comité ne faisant pas partie de la section permanente ont également entrée à cette section avec voix consultative.

Le secrétaire, les secrétaires-adjoints et les rapporteurs-adjoints du comité sont attachés avec la même qualité à la section permanente.

La section permanente délibère sur un rapport écrit.

Il peut être institué dans le comité, par arrêté ministériel, des sous-comités appelés à émettre, aux lieu et place de la section permanente, un avis sur les affaires d'importance secondaire visées à l'article 3, § 2.

Art. 10. — Sont portées à l'assemblée générale du comité les affaires qui, à raison de leur importance, lui sont renvoyées, soit par le ministre, soit par le vice-président, d'office ou à la demande de cinq membres au moins de la section permanente.

L'assemblée générale du comité délibère sur un rapport écrit.

Des commissions spéciales peuvent être constituées dans le sein du comité pour l'examen préalable des affaires portées à l'assemblée générale ; les membres en sont désignés par le vice-président.

Art. 11. — Le comité peut, avec l'assentiment du ministre, procéder à des enquêtes.

Il entend les personnes dont il juge l'audition utile pour éclairer ses délibérations. Il les convoque soit spontanément, soit sur leur demande.

Art. 12. — Le comité se réunit en assemblée générale toutes les fois que les nécessités du service l'exigent.

La section permanente se réunit, en dehors de la période des

vacances, au moins une fois par semaine et aussi souvent qu'il y a lieu.

Art. 13. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 17 août 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
L. TILLAYE.

Décret du Président de la République, du 17 août 1898, nommant les membres du comité consultatif des chemins de fer.

Le Président de la République française,

Vu le décret en date de ce jour (*), portant réorganisation du comité consultatif des chemins de fer,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Décrète :

Art. 1er. — Sont nommés membres du comité consultatif des chemins de fer :

MM.
Loubet, sénateur.
Franck-Chauveau, sénateur.
Deandreis, sénateur.
Gauthier, sénateur.
Huguet, sénateur.
Mir, sénateur.
Monis, sénateur.
Prévet, sénateur.
Reymond, sénateur.
Waddington (Richard), sénateur.
Aynard, député.
Bérard, député.
Bourrat, député.
Cochery (Georges), député.
Étienne, député.
Guillain, député.
Guillemet, député.

(*) Voir *suprà*, p. 420.

MM.

Humbert (A.), député.

Jonnart, député.

Krantz, député.

De Laporte, député.

Lasserre, député.

Laroze, député.

Lebret, député.

Mesureur, député.

Pelletan, député.

Fleury-Ravarin, député.

Ricard (Henri), député.

Sibille, député.

Thomson, député.

Catusse, conseiller d'État, membre de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie.

Colson, conseiller d'État, membre de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie.

Cotelle, conseiller d'État, membre de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie.

Herbette, conseiller d'État, membre de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie.

Sainsère, conseiller d'État, membre de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie.

George, président de chambre à la cour des comptes.

Bousquet, directeur général des douanes.

Courtin, inspecteur général des finances.

Laurent, directeur général de la comptabilité publique.

Machart, inspecteur général des finances.

Pallain, gouverneur de la Banque de France.

Lebon (André), ancien ministre du commerce et de l'industrie.

Dislère, conseiller d'État, ancien directeur au ministère du commerce et de l'industrie.

Chandèze, directeur du commerce au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

Nicolas, directeur du travail et de l'industrie au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

Ansault, administrateur de l'exploitation postale au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

Goy, président du tribunal de commerce de la Seine.

Masson, président de la chambre de commerce de Paris.

Lainey, membre de la chambre de commerce de Paris.

MM.

Brunet, président de la chambre de commerce de Bordeaux.

Le Bourgeois, président de la chambre de commerce de Dieppe.

Herbart, président de la chambre de commerce de Dunkerque.

Latham, membre de la chambre de commerce du Havre, ancien président de cette chambre.

Faucheur, président de la chambre de commerce de Lille.

Pénicaut, président de la chambre de commerce de Limoges.

Féraud, président de la chambre de commerce de Marseille.

Rogé, président de la chambre de commerce de Nancy.

Mariolle-Pinguet, président de la chambre de commerce de Saint-Quentin.

Courtois de Viçose, président de la chambre de commerce de Toulouse.

Tisserand, directeur honoraire au ministère de l'agriculture.

Daubrée, directeur des forêts au ministère de l'agriculture.

Vassilière, directeur de l'agriculture au ministère de l'agriculture.

Bénard (Jules), membre du conseil supérieur de l'agriculture.

Gilbert, membre du conseil supérieur de l'agriculture.

Bizouerne, membre de la société nationale d'agriculture de France.

Caze, président de la société nationale d'encouragement à l'agriculture.

De Lagorsse, secrétaire général de la société nationale d'encouragement à l'agriculture.

De Vogüé, président de la société des agriculteurs de France.

Cazelles, secrétaire général de la société des viticulteurs de France et d'ampélographie.

Bompard, directeur des consulats et des affaires commerciales au ministère des affaires étrangères.

Demagny, conseiller d'État, ancien directeur au ministère de l'intérieur.

Gonse, général de division, sous-chef d'état-major général de l'armée.

Moreau, chef du contentieux à l'Exposition universelle de 1900.

Doniol, inspecteur général des ponts et chaussées.

Holtz, inspecteur général des ponts et chaussées.

Lefebvre, inspecteur général des ponts et chaussées.

Ricour, inspecteur général des ponts et chaussées.

Salva, inspecteur général des ponts et chaussées.

MM.

Aguillon, inspecteur général des mines.

Fayol, directeur de la Cie concessionnaire des mines de Commentry et de Decazeville.

Couvreur, président de la chambre syndicale de la marine.

Papelier, fondateur des docks nancéens.

Armez, ingénieur civil.

Lahaye, ingénieur civil.

Grüner, ingénieur civil.

Guieysse, président de l'institut des actuaires.

Griolet, membre de la commission permanente du congrès international des chemins de fer.

Pérocheau, ouvrier ajusteur dans les ateliers de la Cie des chemins de fer de l'Ouest.

Guimbert, président de la fédération générale française professionnelle des mécaniciens et chauffeurs des chemins de fer et de l'industrie.

Art. 2. - Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 17 août 1898.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
L. TILLAYE.

Arrêté ministériel, du 17 août 1898, nommant les membres de la section permanente du comité consultatif des chemins de fer.

Le ministre des travaux publics,

Vu le décret en date de ce jour (*), portant réorganisation du comité consultatif des chemins de fer,

Arrête :

Sont nommés membres de la section permanente du comité consultatif des chemins de fer pour les années 1898-1899 :

MM.

Cochery (Adolphe), sénateur, président de la commission des chemins de fer du Sénat.

Deandreis, sénateur.

(*) Voir *suprà*, p. 420.

MM.

Reymond, sénateur.

Waddington (Richard), sénateur.

Guyot-Dessaigne, député, président de la commission des chemins de fer de la chambre des députés.

Aynard, député.

Guillain, député.

Laroze, député.

Mesureur, député.

Pelletan, député.

Ricard (Henri), député.

Sibille, député.

Colson, conseiller d'État, membre de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie.

Cotelle, conseiller d'État, membre de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie.

Herbette, conseiller d'Etat, membre de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce et de l'industrie.

George, président de chambre à la cour des comptes.

Bousquet, directeur général des douanes.

Machart, inspecteur général des finances.

Dislère, conseiller d'État, ancien directeur au ministère du commerce.

Chandèze, directeur du commerce au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

Nicolas, directeur du travail et de l'industrie au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

Tisserand, conseiller-maître à la cour des comptes.

Daubrée, directeur des forêts au ministère de l'agriculture.

Vassilière, directeur de l'agriculture au ministère de l'agriculture.

Holtz, inspecteur général des ponts et chaussées.

Ricour, inspecteur général des ponts et chaussées.

Orsel, inspecteur général des mines, vice-président du comité de l'exploitation technique des chemins de fer.

Goy, président du tribunal de commerce de la Seine.

Masson, président de la chambre de commerce de Paris.

Armez, ingénieur civil.

Lahaye, ingénieur civil.

Bénard (Jules), agriculteur, membre du conseil supérieur de l'agriculture et de la société nationale d'encouragement à l'agriculture.

Cazelles, secrétaire général de la société des viticulteurs de France et d'ampélographie.

Griolet, membre de la commission permanente du congrès international des chemins de fer.

Pérocheau, ouvrier ajusteur dans les ateliers de la Cie des chemins de fer de l'Ouest.

Guimbert, président de la fédération générale française professionnelle des mécaniciens et chauffeurs des chemins de fer et de l'industrie.

Paris, le 17 août 1898.
L. TILLAYE.

Arrêté ministériel, du 17 *août* 1898, *nommant le vice-président du comité consultatif des chemins de fer.*

Le ministre des travaux publics,

Vu le décret en date de ce jour (*), portant réorganisation du comité consultatif des chemins de fer,

Arrête :

M. **Picard**, président de la section des travaux publics, de l'agriculture, du commerce, de l'industrie et des postes et télégraphes du conseil d'État, membre de droit du comité consultatif des chemins de fer, est nommé vice-président du comité pour les années 1898-1899.

Paris, le 17 août 1898.
L. TILLAYE.

Décret du Président de la République, du 23 *août* 1898, *portant réorganisation de la haute administration de* l'ALGÉRIE.

Le Président de la République française,

Vu le décret du 31 décembre 1896 (**);

(*) Voir *suprà*, p. 420.
(**) Volume de 1896, p. 615.

Vu les propositions présentées par le gouverneur général de l'Algérie;

Sur le rapport du président du conseil, ministre de l'intérieur,

Décrète :

Art. 1er. — Le gouverneur général de l'Algérie est nommé par décret du Président de la République, rendu en conseil des ministres, sur la proposition du ministre de l'intérieur.

Le gouvernement et la haute administration de l'Algérie sont centralisés à Alger sous son autorité.

Art. 2. — Le gouverneur général représente le gouvernement de la République dans toute l'étendue du territoire algérien. Il a le droit de préséance sur tous les fonctionnaires civils et militaires.

Il est consulté sur la nomination de tous les hauts fonctionnaires.

Art. 3. — Le gouverneur général correspond directement avec le ministre de France au Maroc, avec le résident général de France à Tunis et avec le consul général de France à Tripoli. Il ne peut engager d'action politique ou diplomatique en dehors de l'autorisation du gouvernement.

Il exerce, à l'égard des étrangers et des indigènes musulmans, les pouvoirs de haute police prévus par la loi du 3 décembre 1849 ou par la législation spéciale de l'Algérie.

Art. 4. — Les généraux de division, en ce qui concerne l'administration des territoires de commandement, sont placés sous la direction immédiate du gouverneur général.

Le général commandant le XIXe corps d'armée et le contre-amiral commandant la marine en Algérie relèvent, au même titre que les autres commandants de corps d'armée et les autres commandants de la marine, des ministres de la guerre et de la marine.

Le gouverneur général prend, après s'être concerté avec eux, les décisions que nécessitent la sûreté intérieure ou la défense de l'Algérie. Il en confie l'exécution aux commandants des forces de terre et de mer, et rend immédiatement compte aux ministres compétents des décisions qu'il a prises.

En cas de guerre étrangère, le gouvernement de la métropole a seul la disposition des forces de terre et de mer de l'Algérie.

Art. 5. — Tous les services civils de l'Algérie sont placés sous la direction du gouverneur général, à l'exception des services non musulmans de la justice, des cultes, de l'instruction publique

et des services de la trésorerie et des douanes, qui demeurent sous l'autorité des ministres compétents.

Toutefois les rapports, instructions ou décisions relatives à ces services, lui sont adressés en même temps qu'aux ministres ou aux fonctionnaires intéressés.

Le gouverneur général est consulté sur la nomination des juges de paix et des officiers ministériels; il assigne leur résidence aux interprètes des justices de paix.

Il est également consulté sur toutes les modifications du tarif de douane et de navigation, d'octroi de mer, et sur toute modification relative à l'organisation du service.

Il lui est rendu compte par les différents services de tous les incidents pouvant intéresser la police et la sécurité générale.

Art. 6. — Les fonctionnaires et agents des services particuliers à l'Algérie sont placés directement sous l'autorité du gouverneur général.

Les fonctionnaires et agents des administrations métropolitaines sont mis à sa disposition. Il est consulté sur leur résidence, émet son avis sur les propositions d'avancement et sur les mesures disciplinaires. En cas d'urgence, il prononce leur suspension de fonction.

Art. 7. — Les directions générales des contributions directes, des contributions indirectes, de l'enregistrement, des domaines et du timbre, des postes et des télégraphes, exercent en Algérie les mêmes attributions que dans la métropole, quant à l'assiette et à la perception des impôts, taxes et droits dont elles assurent le recouvrement, ainsi que des amendes et contraventions y relatives.

Les directeurs des départements de l'Algérie correspondent directement avec les administrations centrales à Paris, au sujet des questions concernant cette partie du service, de la même manière et dans les mêmes formes que leurs collègues des autres départements.

Les attributions du gouverneur général, en ce qui touche le personnel et les services des forêts et ceux de l'agriculture, demeurent réglées conformément aux décrets des 19 et 23 mars 1898.

Les dispositions du paragraphe 2 de l'article 5 sont applicables aux services ci-dessus énoncés.

Art. 8. — Le gouverneur général correspond avec chacun des ministres pour les affaires concernant son département.

Il rend compte de ses actes au ministre de l'intérieur, et en

même temps, pour les services dénommés à l'article 7, aux ministres compétents.

Il adresse chaque mois au ministre de l'intérieur un rapport dans lequel sont analysées et expliquées toutes les décisions dont il n'a pas été rendu compte immédiatement. En outre, il lui remet chaque année un rapport général détaillé qui est communiqué aux Chambres.

Art. 9. — En attendant qu'il ait été statué par le pouvoir législatif sur la question d'institution d'un budget spécial en Algérie et sur la répartition, s'il y a lieu, des droits de décision et de contrôle, entre les pouvoirs publics de la métropole et les autorités de la colonie, le budget des dépenses de l'Algérie continuera d'être préparé, sauf pour les exceptions prévues à l'article 5, par le gouverneur général, après avis du conseil supérieur.

Ce budget est divisé en sections correspondant aux ministères intéressés. Le travail relatif à chaque section est adressé au ministre compétent. Il fait l'objet, dans les lois annuelles des finances, d'un état spécial, figurant à la suite de l'état législatif des dépenses de la métropole.

Les crédits sont ouverts aux ministres de l'intérieur, sauf pour les services non musulmans de la justice, des cultes et de l'instruction publique, pour les services de la trésorerie et des douanes et pour les services énumérés à l'article 7.

Le ministre de l'intérieur et les ministres dans les attributions desquels rentrent les services énumérés à l'article 7 mettent les crédits ouverts par les Chambres à la disposition du gouverneur général, qui peut ou les ordonnancer directement ou en assigner une partie aux ordonnateurs secondaires.

L'état de ces ordonnancements est adressé au ministre des finances.

Art. 10. — Sont abrogés les décrets du 18 décembre 1874, du 11 mars et du 26 août 1881 (*), du 31 décembre 1896 (**), et généralement toutes les dispositions contraires au présent décret.

Art. 11. — Les ministres de l'intérieur, de la justice et des cultes, des affaires étrangères, des finances, de la guerre, de la marine, de l'instruction publique et des beaux-arts, des travaux publics, de l'agriculture, du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, sont chargés, chacun en ce qui le concerne,

---

(*) Volume de 1881, p. 351.
(**) Volume de 1896, p. 615.

de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois* et au *Bulletin officiel* du gouvernement général de l'Algérie.

Fait au Havre, le 23 août 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Président du conseil,
Ministre de l'intérieur,
Henri BRISSON.

Le Ministre de la justice et des cultes,
E. SARRIEN.

Le Ministre des affaires étrangères,
DELCASSÉ.

Le Ministre des finances,
P. PEYTRAL.

Le Ministre de la guerre,
G. CAVAIGNAC.

Le Ministre de la marine,
E. LOCKROY.

Le Ministre de l'instruction publique,
et des beaux-arts,
Léon BOURGEOIS.

Le Ministre des travaux publics,
L. TILLAYE.

Le Ministre de l'agriculture,
VIGER.

Le Ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,
E. MARUÉJOULS.

---

*Décret du Président de la République, du 23 août 1898, portant réorganisation du conseil supérieur de gouvernement de l'*ALGÉRIE.

Le Président de la République française,

Vu le décret du 11 août 1875 ;

Vu les propositions présentées par le gouverneur général de l'Algérie ;

Sur le rapport du président du conseil, ministre de l'intérieur,

Décrète :

Art. 1er. — Le gouverneur de l'Algérie est assisté d'un conseil supérieur de gouvernement ainsi composé :

1° Seize membres appartenant aux Délégations financières (*) et élus par elles, à raison de six pour chacune des deux premières Délégations et de quatre pour la délégation indigène, un de ces derniers étant élu par la section kabyle de cette Délégation ;

2° Quinze membres appartenant aux conseils généraux et élus par eux à raison de cinq par conseil général ;

3° Vingt-deux membres de droit, siégeant à raison de leurs fonctions, et ci-après énumérés :

Le gouverneur général, président ;

Le secrétaire général du gouvernement ;

Le premier président de la cour d'appel d'Alger ;

Le procureur général près la cour d'appel d'Alger ;

L'archevêque d'Alger ;

L'amiral commandant la marine en Algérie ;

Le commandant supérieur du génie ;

Les trois généraux commandant les divisions ;

Les trois préfets des départements algériens ;

Le recteur de l'Académie d'Alger ;

L'inspecteur général des ponts et chaussées ;

L'inspecteur général des mines ;

L'inspecteur général des finances ;

Le conservateur des forêts d'Alger ;

Les quatre conseillers rapporteurs près le conseil de gouvernement ;

4° Trois notables indigènes désignés par le gouverneur général ;

5° Quatre membres désignés par le gouverneur général parmi les fonctionnaires algériens, à raison de leurs lumières et de leurs services.

Art. 2. — Les membres du conseil supérieur autres que les membres de droit sont élus ou nommés pour trois ans ; leur mandat peut être renouvelé.

En cas de décès ou de démission, il est pourvu à leur remplacement avant l'ouverture de chaque session ordinaire ; toutefois il peut être sursis au remplacement d'un conseiller élu, si la vacance s'est produite moins de deux mois avant l'ouver-

---

(*) Corps électifs, institués par décret du même jour (23 août 1898) et chargés de représenter auprès du gouvernement général les différentes catégories de contribuables français ou sujets français de l'Algérie.

ture de la session. Le mandat du nouveau membre prend fin lors du premier renouvellement triennal.

Art. 3. — Les membres du conseil supérieur qui ont droit à une indemnité en vertu du décret du 7 mars 1876, ainsi que les membres élus par les Délégations et les membres désignés aux paragraphes 4 et 5 de l'article 1er reçoivent les indemnités prévues par le décret précité.

Art. 4. — Le conseil supérieur se réunit, chaque année, en session ordinaire, après la session des Délégations financières et à la date fixée par le gouverneur général, qui peut, en outre, le convoquer en session extraordinaire.

Art. 5. — Le gouverneur général préside le conseil supérieur.

Aussitôt après l'ouverture de chaque session, le conseil élit un vice-président ; les fonctions de secrétaire sont remplies par le secrétaire du conseil de gouvernement.

Art. 6. — Le conseil supérieur ne peut délibérer que si la moitié plus un des membres dont il se compose assistent à la séance. Ses décisions sont prises à la majorité des membres présents. Le vote a lieu par assis et levé. Toutefois le scrutin secret est de droit, s'il est réclamé par dix membres au moins.

Art. 7. — Les procès-verbaux des séances contiennent un compte rendu sommaire des discussions. Ils peuvent être publiés après la session en vertu d'un vote du conseil supérieur. Un résumé sommaire peut, après chaque séance, être communiqué à la presse. Toutefois le gouverneur général peut s'opposer à toute publication qu'il jugerait nuisible à la sécurité extérieure ou intérieure de l'Algérie.

Art. 8. — Le conseil supérieur délibère sur toutes les questions relatives à l'administration de l'Algérie qui lui sont soumises par le gouverneur général. Il émet des vœux sur les divers objets qui intéressent cette administration.

Tous vœux politiques lui sont interdits.

Art. 9. — En attendant qu'il ait été statué par le pouvoir législatif sur la question d'institution d'un budget spécial en Algérie, le conseil supérieur délibère sur les évaluations de recettes établies par le gouverneur général, après avoir reçu communication des délibérations prises par les Délégations financières. Il examine également le budget des dépenses préparé conformément à l'article 9 du décret relatif aux attributions du gouverneur général.

Les prévisions de dépenses concernant les services rattachés lui sont communiquées à titre de renseignements.

Art. 10. — Est nulle de plein droit toute délibération du conseil supérieur prise en dehors de ses attributions légales. La nullité est prononcée par décret du Président de la République, le conseil d'État entendu.

Art. 11. — Le décret du 11 août 1875 est abrogé. Sont également abrogées toutes dispositions contraires au présent décret.

Art. 12. — Le président du conseil, ministre de l'intérieur, est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des Lois* et au *Bulletin officiel* du gouvernement général de l'Algérie.

Fait au Havre, le 23 août 1898.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Président du conseil, Ministre de l'intérieur,
Henri BRISSON.

Décret du Président de la République, du 26 *août* 1898, *portant* : 1° *institution de la concession des mines de houille de* LA BOUBLE (Puy-de-Dôme) ; 2° *rejet de la demande de la* Cie ANONYME DES FORGES DE CHATILLON-COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS, *en extension de la concession houillère de* LA ROCHE (même département).

(EXTRAIT).

Art. 1er. — Il est fait concession à la Société anonyme des mines de la Bouble des mines de houille comprises dans les limites ci-après définies, communes de Saint-Eloy et d'Youx, arrondissement de Riom, département du Puy-de-Dôme.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession de La Bouble*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par une ligne droite AB, coïncidant avec la limite sud GF de la concession de houille de La Roche, instituée par ordonnance royale du 27 décembre 1837 (*) et allant du point A, à 150 mètres à l'ouest du sommet G de la concession de La Roche,

(*) 2e volume de 1837, p. 685.

jusqu'au point B, à 300 mètres à l'ouest du sommet F de ladite concession;

A l'*ouest*, par une ligne droite tirée du point A au point C, angle sud-ouest de la maison Maugerel Maxime, du hameau de l'Abbaye, portant le numéro 265 du plan cadastral de la commune d'Youx;

Au *sud*, par une ligne droite tirée du point C au point D situé au pied du talus et à l'intersection de l'accotement sud du chemin n° 8 de Virlet à Menat par la Crouzille et de l'accotement est du chemin n° 16 de l'Abbaye-aux-Ayes par Chanseleix, croisement de chemins défini par le croquis de détail figuré au plan annexé au présent décret;

A l'*est*, par une ligne droite allant du point D ci-dessus défini au point B;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 3 kilomètres carrés, 11 hectares, 42 ares.

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger à la houille qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de La Bouble.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire des mines de La Bouble, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 5. — Le concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 6. — Si le concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*).

Art. 7. — Est rejeté la demande concurrente susvisée, présentée, les 15 octobre et 26 novembre 1897, par la Cie anonyme des forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons, à l'effet d'obtenir une extension de la concession de mines de houille de La Roche, dans les communes de Saint-Eloy et d'Youx (Puy-de-Dôme).

(*) Conforme à l'article 6 du décret du 8 février 1898, instituant la concession de La Fare (*suprà*, p. 42).

Art. 8. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais du concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 9. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE LA BOUBLE.

(EXTRAIT) (*).

Art. 1er. — ***Délai d'abornement :*** Trois mois.

Art. 5. — ***Distance réservée aux abords des cours d'eau :*** 20 mètres.

Art. 6. — ***Zone de protection des chemins de fer :*** 10 mètres.

Art. 10. — La houille menue et les matières susceptibles de s'enflammer spontanément dans l'intérieur des mines seront transportées au jour, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, à moins d'une autorisation spéciale délivrée par le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 11. — Le concessionnaire devra se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'administration pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines et supporter les charges qui pourraient, à cet effet, lui être imposées.

(*) Les articles non insérés sont conformes aux articles correspondants du cahier des charges de la concession de La Fare (voir *suprà*, p. 43), savoir : *art.* 1 à 9, conformes aux articles portant les mêmes numéros ; *art.* 12, 13, 14 et 15, respectivement conformes aux articles 10, 11, 12 et 13.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

CHEMINS DE FER. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — GAZ COMPRIMÉS A PLUS DE 15 KILOGRAMMES.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 6 août 1898.

Messieurs, une décision ministérielle du 14 avril dernier (*) a limité au 1er octobre prochain le délai pendant lequel vous pourriez accepter l'oxygène, l'hydrogène et les autres gaz comprimés à une pression de plus de 15 kilogrammes par centimètre carré dans des récipients de dimensions supérieures à celles fixées par l'article 29 du règlement du 12 novembre 1897 (**), relatif au transport par voie ferrée des matières dangereuses ou infectes.

D'après l'avis de la commission d'examen des questions se rattachant à l'application du règlement, j'ai décidé de proroger ce délai jusqu'au 1er janvier 1899.

Je vous prie de prendre des mesures pour l'exécution de cette décision et de m'en accuser réception.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation:

Le conseiller d'État,

Directeur des chemins de fer,

LETHIER.

(*) Voir *suprà*, p. 331.

(**) Volume de 1897, p. 439.

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET TRAMWAYS. — MODIFICATIONS DE L'ARTICLE 61 DU CAHIER DES CHARGES-TYPE POUR LA CONCESSION DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE L'ARTICLE 48 DU DÉCRET DU 6 AOUT 1881. — NOTIFICATION DES DÉCRETS DU 31 JUILLET ET DU 3 AOUT 1898.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 17 août 1898.

Monsieur le Préfet, au cours de la discussion de la loi de finances de l'exercice 1898, les Chambres ont adopté un texte ainsi conçu :

« A partir du 1er mai 1898, tout décret portant concession d'un chemin de fer d'intérêt général ou d'un tramway à marchandises imposera au concessionnaire l'obligation d'étendre aux propriétaires ou concessionnaires de magasins généraux et aux concessionnaires de l'outillage public des ports maritimes ou de navigation intérieure, le droit d'embranchement reconnu aux propriétaires de mines et d'usines, dans les conditions stipulées à l'article 62 du cahier des charges des concessions de chemins de fer d'intérêt général annexé à la loi du 4 décembre 1875 et à l'article 61 du cahier des charges des concessions de tramways, établi en exécution de la loi du 11 juin 1880. »

Ce texte constitue l'article 87 de la loi de finances du 13 avril 1898.

La règle, ainsi édictée pour les concessions accordées par décret, doit, pour répondre aux intentions du parlement, être étendue aux entreprises de chemins de fer d'intérêt local dont la concession est accordée par une loi. Telle a été l'opinion de la commission des chemins de fer de la chambre des députés. Appelée récemment à examiner les projets de lois portant concession de lignes d'intérêt local, elle a proposé, en effet, à la Chambre des députés, l'adoption de ces projets en prescrivant de compléter, conformément aux dispositions de l'article 87 de la loi de finances, l'article 61 des cahiers des charges destinés à régir ces entreprises.

D'autre part, il a paru préférable, au lieu de prescrire une semblable modification lors de l'émission de chaque loi ou décret portant concession d'une voie ferrée, de compléter, une fois pour toutes, dans le sens de la stipulation ci-dessus mentionnée, les textes qui énumèrent les diverses obligations des concessionnaires

d'entreprises de transport par rails et auxquels se réfèrent les lois et décrets de concession, c'est-à-dire l'article 61 du cahier des charges-type pour les chemins de fer d'intérêt local et l'article 48 du règlement d'administration publique du 6 août 1881 pour les tramways.

Le conseil d'État a adopté cette manière de voir, en proposant toutefois d'ajouter les carrières à la liste des établissements pour lesquels la création des embranchements particuliers est obligatoire sur les chemins de fer d'intérêt local, conformément aux dispositions déjà en vigueur pour les tramways (article 48 du décret du 6 août 1881).

En conformité de cet avis, ont été rendus les deux décrets en date du 31 juillet et du 3 août 1898 (*), l'un complétant les alinéas 1, 2 et 6 de l'article 61 du cahier des charges-type pour la concession des chemins de fer d'intérêt local, l'autre complétant les alinéas 1, 2 et 6 de l'article 48 du règlement d'administration publique du 6 août 1881, applicable aux entreprises de tramways.

J'ai l'honneur de vous adresser ci-joint copie de ces deux décrets.

Il vous appartiendra, pour les entreprises de chemins de fer d'intérêt local qui seraient à l'avenir l'objet de propositions de concession, de veiller à ce que l'article 61 du cahier des charges soit rédigé en conformité du texte approuvé par le décret du 31 juillet 1898.

J'adresse copie de la présente circulaire et de ses annexes à MM. les ingénieurs; je vous prie de m'en accuser réception.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
L. TILLAYE.

(*) Voir *suprà*, p. 392 et 415.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

RETRAITE.

	Date d'exécution.
M. **Coince**, Ingénieur en Chef de 1re classe.....	26 sept. 1898.

DÉCISIONS DIVERSES.

Décision du 13 *août.* — M. **Janet**, Ingénieur ordinaire de 1re classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Versailles, est chargé, en outre, de l'intérim du sous-arrondissement minéralogique de Rouen, jusqu'à la désignation du successeur de M. l'Ingénieur **Pourcel**.

Arrêté du 22 *août.* — M. **Lecornu**, Ingénieur en Chef de 2e classe, à Paris, est relevé de son emploi d'Ingénieur en Chef du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest.

Arrêté du 24 *août.* — M. **Lecornu**, Ingénieur en Chef de 2e classe, à Paris, précédemment chargé du service du Contrôle de l'exploitation technique du réseau de l'Ouest, a été attaché au Service central de la carte géologique détaillée de la France.

Décret du 25 *août.* — M. **Wickersheimer**, Ingénieur en chef de 2e classe, est renommé, pour quatre ans, membre du Conseil du réseau de l'État.

II. — Contrôleurs des Mines.

DÉMISSION.

13 *août* 1898. — Est acceptée la démission de M. **Gosse** (Amédée), Contrôleur de 2e classe attaché, dans le département de l'Oise, aux services du sous-arrondissement minéralogique d'Amiens et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer du Nord.

DÉCISIONS DIVERSES.

13 *août* 1898. — M. **Vandernotte**, Contrôleur de 3e classe attaché, dans le département de l'Allier, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Moulins et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer d'Orléans, passe dans le département de l'Oise, à la résidence de Beauvais, aux services du sous-arrondissement minéralogique d'Amiens et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer du Nord.

13 *août*. — M. **Drut**, Contrôleur de 4e classe attaché, dans le département du Cher, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer d'Orléans, passe dans le département de l'Allier, à la résidence de Moulins, au service du sous-arrondissement minéralogique de Moulins.

Il est d'ailleurs attaché accessoirement au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

13 *août*. — M. **Revellin**, Contrôleur de 4e classe, en disponibilité pour défaut d'emploi, est remis en activité et attaché, dans le département du Cher, à la résidence de Bourges, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Orléans.

ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE.

Arrêté du 4 août 1898. — Les cours de l'École des Mines de Saint-Étienne ci-après désignés ont été répartis ainsi qu'il suit entre MM. **Liénard** et **Jouguet**, Ingénieurs des Mines, professeurs de cette École, savoir :

M. **Liénard**
- Analyse mathématique ;
- Constructions ;
- Chemins de fer ;
- Électricité.

M. **Jouguet**, Mécanique rationnelle et appliquée.

Par le même Arrêté, M. **Bès de Berc**, Ingénieur des Mines, professeur à la même École, a été chargé des cours suivants, en remplacement de M. **Lebreton** :

1° Exploitation des mines et préparation mécanique;
2° Législation des mines et économie industrielle ;
3° Métallurgie des métaux autres que le fer.

Ces dispositions auront leur effet à dater du 1er octobre 1898.

Par décision du Ministre des travaux publics, en date du 24 août 1898, des diplômes d'ancien élève de l'École des Mines de Saint-Étienne apte à exercer les fonctions d'Ingénieur civil ont été accordés aux élèves sortants de l'École dont les noms suivent :

MM. **Dessemond**,
Baron,
Charbonnier,
Badard,
Clapier,
Beausoleil,
Merllié,
Pagliano,

MM. **Granger**,
Blache,
Lapautre,
Idoux,
Moussa,
Vigery,
Cabal,
Ferey,

MM. **Chabrol,**
Biron,
Mauduit,
Chomard,
Levêque,
Berthelot,

MM. **de Silans,**
Marty,
Masbou,
Gorce,
Mignot.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900.

Par arrêté du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, ont été appelés à faire partie des comités techniques des machines et de l'électricité, les membres du corps des mines dont les noms suivent :

Comité technique des machines.

M. **Linder**, Inspecteur général, *président*.

Comité technique de l'électricité.

M. **Potier**, Ingénieur en chef.

(*Erratum à l'insertion de la page* 389.)

CARTE GÉOLOGIQUE DE L'ALGÉRIE.

Par suite du décès de M. **Pomel**, l'un des directeurs du service, la direction est assurée par M. **Pouyanne**, Inspecteur général des Mines.

EXPLICATION DES PLANCHES.

OCTOBRE.

Néant.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

L'Éditeur-Gérant : Vve Dunod.

ANNALES

DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME XIV.

11e LIVRAISON DE 1898.

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

1898

TABLE DES MATIÈRES.

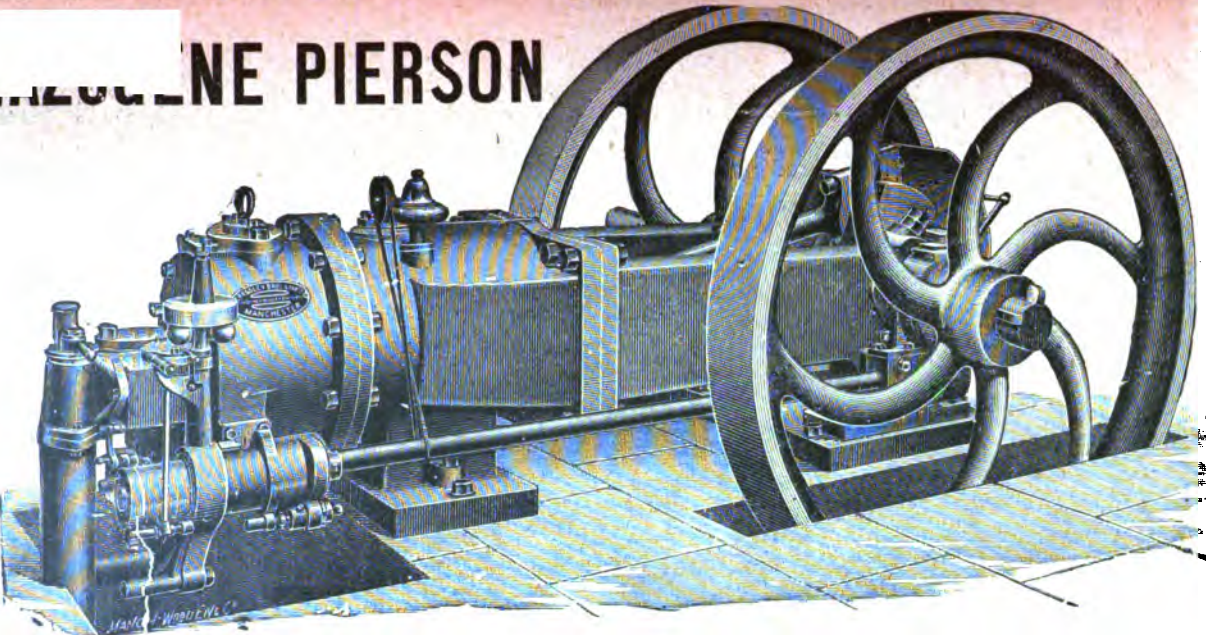
NOVEMBRE.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

BULLETIN.

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Septembre.



Le Moteur à gaz CROSSLEY, alimenté par le gazogène Pierson, ne consomme que ***600*** à ***700*** grammes d'anthracite par cheval et par heure. Le gaz Pierson pour chauffage industriel revient à **un centime** le mètre.

PIERSON, 54, faubourg Montmartre, Paris

MAGASIN D'EXPOSITION : 47, RUE LAFAYETTE

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889

2 MÉDAILLES D'OR

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MATÉRIEL pour MINES

VENTILATEURS syst. GENESTE-HERSCHER

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR MINES, FORGES, FONDERIES, SOUFFLAGE SOUS GRILLES, ETC.

RENDEMENT GARANTI SUPÉRIEUR A CELUI DE N'IMPORTE QUEL APPAREIL SIMILAIRE CONNU A CE JOUR.

COMPRESSEURS D'AIR A SOUPAPES A INJECTION

Compresseurs d'air, syst. Burckhardt et Weiss à sec.

APPAREILS A AIR COMPRIMÉ

PERFORATEURS ET BOSSEYEUSES

Syst. DUBOIS & FRANÇOIS. — Breveté S. G. D. G.

HAVEUSE BLANZY

TREUILS pour EXTRACTION et FONÇAGE

A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ ET ÉLECTRIQUES

5 types différents

MACHINES D'EXTRACTION ET TREUILS DE SECOURS

TREUILS MUS PAR TURBINES.

POMPES FRANÇAISES A ACTION DIRECTE

POMPES A COURROIES

Pompes Hélico-Centrifuges. Système MAGINOT & BIMEAUX

POMPES ÉLÉVATOIRES

POUR ÉPUISEMENTS DANS LES MINES, ÉLÉVATION D'EAU

pour Villes et Usines, etc.

Nombreuses Références. — La machine d'épuisement fournie aux houillères de Rochebelle, est comprise pour élever 100 mètres cubes à l'heure à une hauteur totale de 250 mètres d'un seul jet ; son poids a dépassé 40.000 kilos.

CRIBLE GIRATOIRE Syst. COXE, Bté S. G. D. G.

POUR HOUILLES, MINERAIS, ETC., ETC.

PRODUCTION CONSIDÉRABLE DANS UN APPAREIL DE DIMENSIONS RESTREINTES

CASSE-COKE — CASSE-CHARBON — CHAINES A GODETS

LAVOIRS, TRIAGES, CRIBLAGES, DÉSCHISTAGES

TRAINAGES MÉCANIQUES, VAGONNETS ET VOIES PORTATIVES

CHEVALEMENTS MÉTALLIQUES, CHARPENTES EN FER, MOLLETTES

Cages d'Extraction Fer ou Acier avec Parachute

PALIERS A ROTULES ROQUEL, ÉVITANT LE FROTTEMENT DES CABLES SUR LES JOUES DES MOLLETTES

MACHINES & CHAUDIÈRES A VAPEUR

LOCOMOBILES, TRANSMISSIONS, GROSSE CHAUDRONNERIE

DEVIS ÉTUDES D'INSTALLATIONS, RENSEIGNEMENTS

CATALOGUES SUR DEMANDE

CHALON-S-SAONE (FRANCE)

MAISON FONDÉE EN 1830 * Personnel : 250 Ouvriers

J. & A. NICLAUSSE

Société des Générateurs inexplosibles (Brevets Niclausse)

PARIS, 24, rue des Ardennes, PARIS

APPLICATIONS DANS TOUTES LES INDUSTRIES:

Force motrice, Eclairage électrique, Chauffage, Utilisation des gaz perdus, etc.
Type semi-multitubulaire à grande réserve de chaleur pour différentes industries.
Type spécial pour les installations dans les maisons habitées.

	Chevaux		Chevaux		Chevaux
Ville de Paris	5.000	MM. Lebon et Cie Valence	1.200	Grands Magasins :	
Compagnie Fresne	3.000	— Cadix	900	— Bon Marché	1.[illegible]
Soc. Ind. de Produits Chim.	3.000	— le Caire	900	— Pont-Neuf	[illegible]
Soc. Normande d'Electricité	2.500	— Grenade	600	— Ville de St-Denis	[illegible]
Cie Générale d'Electricité	2.000	— Dieppe	600	— Pygmalion	[illegible]
Maison Ménier (Noisiel)	1.000	— Alexandrie	350	— Gagne-Petit, etc., etc.	
Tour Eiffel	600	— Barcelone Alméria	—	Arsenal de Brest	[illegible]
etc., etc.		etc., etc.		etc., etc.	

Stations centrales (Plus de 50.000 chevaux).

TYPE MARINE (Plus de 200.000 chevaux)

Marine militaire française	Chevaux	Marines militaires étrangères	Chevaux	Marine de commerce	Chevaux
Croiseur cuirassé *Gueydon*	20.200	Croiseur *X.* } en construction aux chantiers	20.000	Remorqueurs du Rhône	6.[illegible]
Croiseur cuirassé *Kléber*	18.000	Cuirassé *Y.* } Cramp.-Philadel.	15.000	Cie Générale des Bateaux Parisiens;	
Cuirassé *Suffren*	16.500	Cuirassé *Le Maine*	16.000	25 bateaux (150 chevaux chacun)	
Cuirassé *Marceau*	14.000	Croiseur cuirassé *Ferruccio*	14.000	nouvelle flotte p. l'Exposition de 19[illegible]	
Cuirassé *Henri IV*	11.500	Croiseur *Cristobal-Colon*	14.000	D'Abbadie, Paquebot de la Compagnie	
Croiseur *Friant*	9.000	Croiseur cuirassé *Garibaldi*	14.000	Fluviale de Cochinchine	1.[illegible]
Cuirassé *Requin*	7.000	Croiseur *Freya*	10.000	René-André, Remorqueur *St-Nazaire*	
Croiseur-torpilleur *Fleurus*	4.000	Cuirassé *Pelayo*	9.000	Pierre-André (Cargo-boat) *Le Havre*	
Torpilleur *Téméraire*	1.500	Croiseur *Gazelle*	7.000	Remorqueur *Le Marseillais* n° 1[illegible]	
etc., etc.		etc., etc.		etc., etc.	

Navigation de plaisance

Yacht *Almée* (M. H. Ménier).	Yacht *Président-Carnot* (M. Sâtre).	Yacht *Walkyrie* (M. G. Eiffel).
Yacht *Nemo* (M. Beaudouin).	Yacht *St-Hubert* (M. C. de Langlade).	Yacht *Sequana* (M. E. Cau in).
Yacht *Julie* (M. G. Ménier).	Yacht *La Bacchante* (M. H. Ménier).	etc., etc.

PRINCIPAUX AVANTAGES OFFERTS PAR CES GENERATEURS:

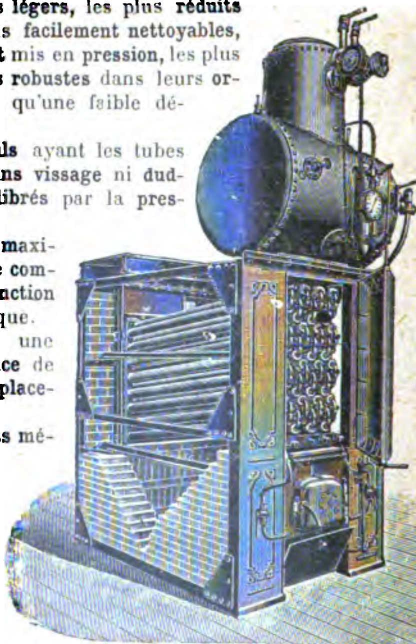
Ils sont les plus **légers**, les plus **réduits** en **volume**, les plus facilement nettoyables, les plus **rapidement** mis en pression, les plus **simples**, et les plus **robustes** dans leurs organes, n'exigeant qu'une faible dépense d'entretien.

Ils sont les **seuls** ayant les tubes **seulement posés sans** vissage ni **dudgeonnage** et **équilibrés** par la pression.

Ils donnent le **maximum d'économie** de combustible sans **adjonction** d'appareil quelconque.

Ils fournissent une plus grande **surface** de **grille** dans un emplacement déterminé.

Ils ont des **joints** métalliques absolument **assurés**, ils ne comportent que des **pièces interchangeables**, ils ont des **tubes droits aisément nettoyables**.



En cas de **changement d'un tube**, ils sont les seuls ne **demandant** que la sortie de ce **seul tube**; cette manœuvre s'exécute **exclusivement par la chambre de chauffe** et en moins d'**une minute** par les **chauffeurs**.

Ils ont **dépassé** les plus **hautes vaporisations** et les plus **fortes combustions** sans autres accessoires que ceux des chaudières ordinaires et sans amener aucune **déformation du faisceau tubulaire** composé de **tubes droits** qui sont à dilatation complètement libre.

Rapidité de mise en pression. — Changement brusque d'allure et passage **très prompt** d'une **combustion ordinaire** aux **combustions forcées** sans aucun incident.

ÉTABLISSEMENT J.-J. HEÏLMANN

Société Industrielle de Moteurs Électriques et à Vapeur

CAPITAL : 5.000.000 francs

DYNAMOS GÉNÉRATRICES & RÉCEPTRICES

A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF

(Monophasé et polyphasé)

Système « BROWN BOVERI & C° »

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

Système « J.-J. HEILMANN »

TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

VOITURES AUTOMOBILES

MACHINES A VAPEUR

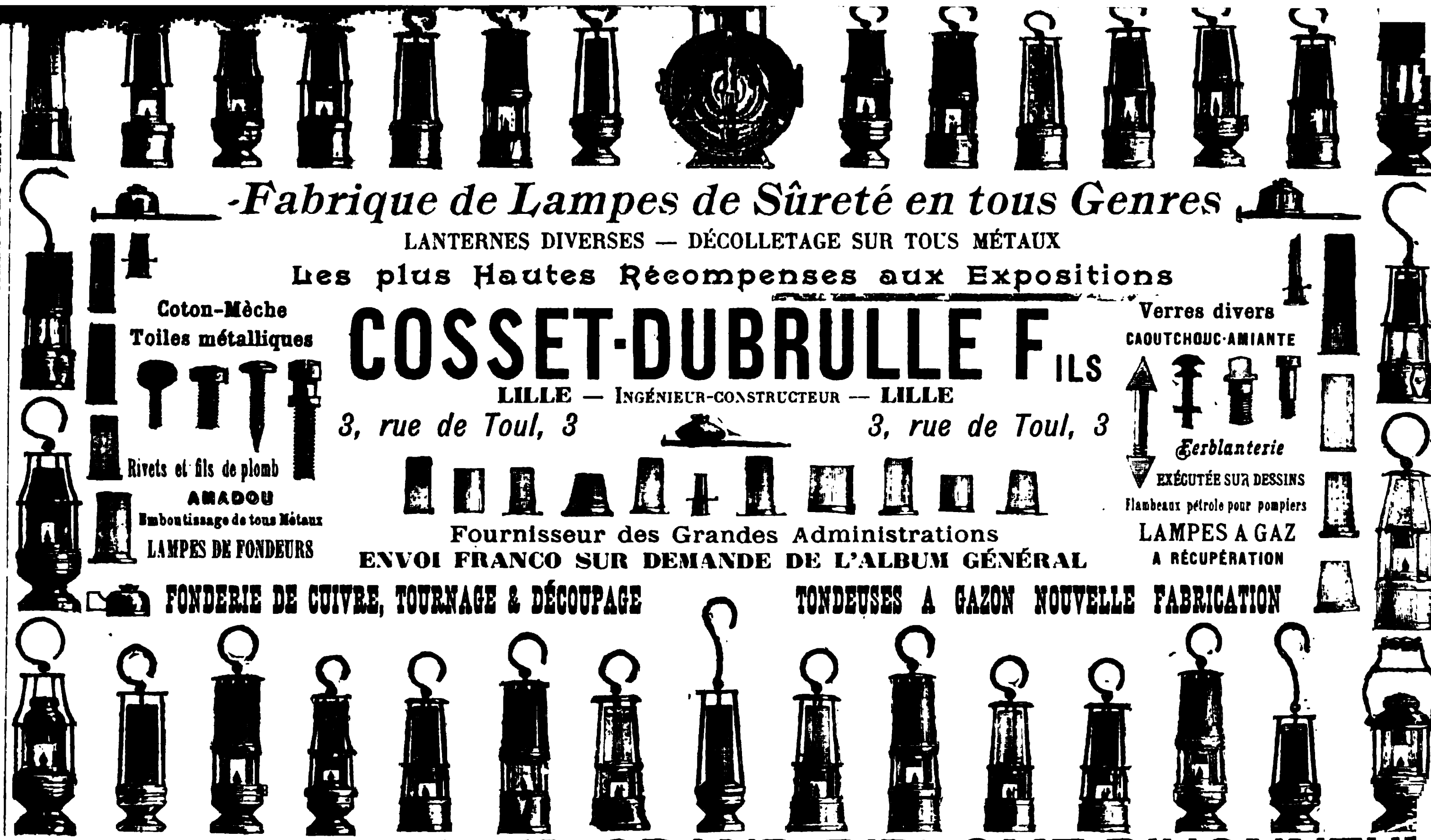
Système « WILLANS »

200.000 chevaux en service pour le transport de Force, l'Éclairage et la Traction électriques

Siège social : 38, rue de LABORDE (PARIS)

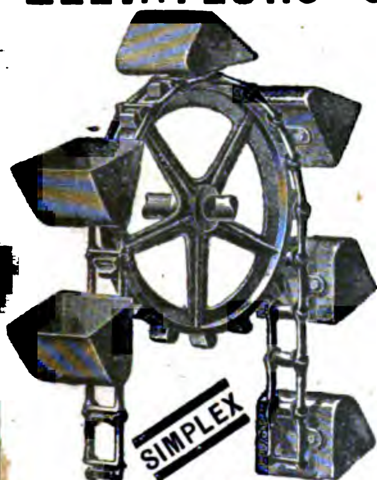
ATELIERS DE CONSTRUCTION AU HAVRE

TÉLÉPHONE : N° 526.02



-Fabrique de Lampes de Sûreté en tous Genres
LANTERNES DIVERSES — DÉCOLLETAGE SUR TOUS MÉTAUX
Les plus Hautes Récompenses aux Expositions
Coton-Mèche
Toiles métalliques
Rivets et fils de plomb
AMADOU
Emboutissage de tous Métaux
LAMPES DE FONDEURS
COSSET-DUBRULLE FILS
LILLE — INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR — LILLE
3, rue de Toul, 3
3, rue de Toul, 3
Verres divers
CAOUTCHOUC-AMIANTE
Ferblanterie
EXÉCUTÉE SUR DESSINS
Flambeaux pétrole pour pompiers
LAMPES A GAZ
A RÉCUPÉRATION
Fournisseur des Grandes Administrations
ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DE L'ALBUM GÉNÉRAL
FONDERIE DE CUIVRE, TOURNAGE & DÉCOUPAGE
TONDEUSES A GAZON NOUVELLE FABRICATION
EXPOSITION DE BRUXELLES 1897 : GRAND DIPLOME D'HONNEUR

ÉLÉVATEURS & TRANSPORTEURS



MARQUE DÉPOSÉE

avec Chaînes simplex

SYSTÈME BAGSHAWE

Brevetées S. G. D. G.

GODETS TOLE D'ACIER

VIS D'ARCHIMÈDE

APPAREILS POUR DÉCHARGEMENTS DE BATEAUX

TRANSMISSIONS

A. PIAT et ses FILS

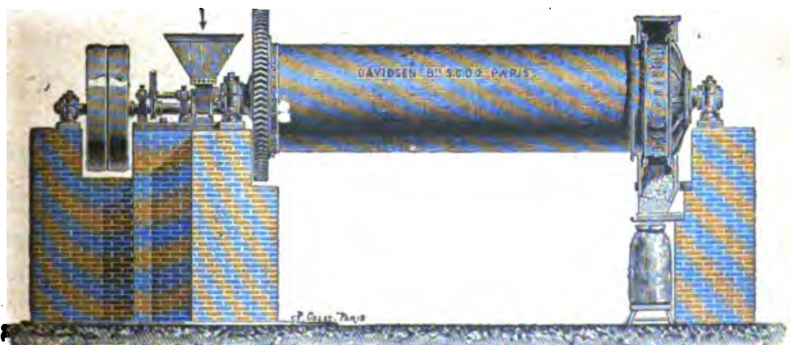
INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

PARIS. — 85, rue Saint-Maur. — PARIS

DAVIDSEN, INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS, 118, Rue Lafayette, 118, PARIS

Suppression de la poussière



BROYEURS SPÉCIAUX

POUR MINERAIS, QUARTZ ET MATIÈRES DURES

donnant ÉCONOMIQUEMENT une GRANDE FINESSE et un GRAND RENDEM

VOIR L'ANNONCE J.-J. HEILMANN. PAGE 9

LA GRÈVE DES OUVRIERS MINEURS
DU PAYS DE GALLES
EN 1898

Par M. LEPROUX, Ingénieur des Mines.

Le 24 janvier 1898, la grève des mécaniciens anglais, après avoir entraîné pendant sept mois le chômage d'un nombre d'ouvriers qui a, par moments, dépassé 100.000, prenait fin par la défaite complète de la Fédération des Mécaniciens ; les ressources accumulées par les Unions étaient dissipées, peut-on dire, en pure perte, dans une lutte sans merci, à la suite de laquelle les patrons n'avaient pas cédé d'une ligne. Et, deux mois après, une autre grève éclatait, qui devait durer exactement cinq mois, avoir une importance très comparable à l'autre et se terminer de même, malgré des différences profondes de lieu, d'organisation ouvrière et de métier. Nous avons eu la bonne fortune de pouvoir, grâce à un voyage fait en Angleterre au moment où se terminait la grève des mineurs du Pays de Galles, rassembler sur cette lutte économique quelques documents qui nous permettront de retracer ici les origines, le développement de la crise, et d'en tirer quelques enseignements.

I

ORIGINES ET PRÉLIMINAIRES DE LA GRÈVE.

Le bassin houiller du sud-ouest de l'Angleterre (qu'on appelle plus communément bassin du Pays de Galles) s'étend à la fois dans le sud de la principauté de ce nom,

surtout dans le comté de Glamorgan, et, en Angleterre, dans le comté de Monmouth. Accessoirement, l'on comprend, dans les statistiques, comme faisant partie de ce bassin, quelques gisements houillers des environs de Gloucester et de Bristol.

Les mines du district produisent actuellement près de 35 millions de tonnes (*) par an. Elles fournissent des anthracites, des charbons à coke et des charbons à vapeur. Ces derniers sont particulièrement renommés et font, avec les menus à coke, l'objet d'une exportation considérable. Ils se présentent en gros morceaux, brûlent facilement avec un minimum de travail pour les chauffeurs, ne donnent presque pas de fumée, et ont un pouvoir calorifique très élevé; en outre, leur dureté fait que, au cours des transbordements, ils se brisent très peu, ce qui explique la faveur dont ils jouissent pour l'exportation. C'est ainsi qu'ils constituent le combustible type pour la navigation, et ils ont acquis une réputation telle que l'arrêt de leur exploitation a pris les proportions d'une calamité et a jeté dans les affaires un trouble profond.

C'est parmi les ouvriers de ce bassin qu'a éclaté, en avril 1898, une grève sans précédent, puisqu'elle a englobé de 80.000 à 100.000 houilleurs, et a duré jusqu'au 1er septembre.

Les causes intimes de cette grève résidant dans le système de salaires adopté dans le bassin depuis vingt-trois ans, nous ne pouvons entrer dans le récit de la grève elle-même, sans avoir auparavant rappelé l'historique de ce système et de son établissement dans le bassin.

L'industrie houillère du Pays de Galles a été, au début, liée à l'industrie du fer, de telle sorte que la première

---

(*) La tonne, dans tout ce qui va suivre, est la tonne anglaise de 1 016 kilogrammes.

n'avait presque pas d'existence propre, indépendante de la seconde : c'est ainsi que, sur 10 millions de tonnes que produisait le bassin du sud-ouest en 1862, le cinquième seulement — 2 millions de tonnes — était exporté, tandis qu'aujourd'hui l'exportation atteint presque la moitié de la production. Les salaires des mineurs étaient liés avec ceux des ouvriers des usines. En 1871, à la suite d'une hausse des salaires de ces derniers, les mineurs, n'ayant pas reçu le même avantage, se mirent en grève. Le chômage dura treize semaines et fut terminé par un arbitrage, les salaires des mineurs devant, dans l'avenir comme par le passé, être réglés d'après ceux des ouvriers des usines. Les patrons, s'étant trouvés lésés, essayèrent d'obtenir une nouvelle réduction de salaires. Ils ne réussirent qu'à provoquer, en 1873, une nouvelle grève de douze semaines, de laquelle les ouvriers, soutenus par l'Association fédérale des Mineurs (Amalgamated Miners Association) sortirent victorieux. La grève avait coûté 40.000 livres (1.000.000 de francs) à l'Association. Les patrons résolurent de revenir à la charge, après avoir fortifié leurs positions. A la fin de 1874, ils proposèrent une réduction de salaires. La majorité des ouvriers, se sentant trop faibles, était disposée à céder ; mais quelques mines cessèrent le travail, et les patrons, en exécution de leurs engagements mutuels, prononcèrent un *lock-out* qui porta sur 67.000 ouvriers.

A cette époque, l'Association fédérale préconisait beaucoup le système de l'échelle mobile et l'avait fait adopter dans plusieurs bassins. Elle était donc toute disposée à pousser les ouvriers à accepter un mode de règlement des salaires basé sur ce système; c'est par un accord de cette nature que se termina la grève, après vingt semaines de chômage. C'était, on le voit, une grève très comparable à la grève actuelle. Ce fut en même temps la dernière, jusqu'en 1898 ; mais nous allons voir que, surtout au cours

des dernières années, les tentatives ne manquèrent pas.

L'échelle mobile était établie, en 1875, sur les bases suivantes. Le salaire type était fixé à 5 p. 100 au-dessus des salaires effectivement payés en 1869. Ce salaire type correspondait à 11 ou 12 schellings comme prix de vente. Pour chaque augmentation de 1 schelling (*) dans les prix de vente du charbon, le salaire était relevé de 7 1/2 p. 100 au-dessus du salaire type ; la variation se faisait par semestre. L'échelle comportait, en outre, un maximum, mais pas de minimum.

Au bout de trois ans, les patrons demandèrent une réduction de 15 p. 100 sur le salaire type. Les ouvriers dénoncèrent alors l'accord de 1875 ; un nouvel accord intervint le 17 janvier 1880 ; les salaires de décembre 1879 furent pris pour nouveau type, — c'est celui qui a servi jusqu'à présent, et qui sert encore. — La variation avait lieu par période de quatre mois avec augmentation de 2 1/2 p. 100 du salaire type par 4 pence d'augmentation du charbon, soit 7 1/2 p. 100 par schelling, comme précédemment. L'augmentation était en outre doublée au-dessus d'un certain chiffre.

Le 6 juin 1882, cette dernière clause fut supprimée, et l'échelle continua de fonctionner jusqu'en 1890. A cette date, le taux des augmentations fut fixé à 10 p. 100 au lieu de 7 1/2 p. 100, et les périodes de variation portées de quatre mois à trois mois. Cette augmentation, accordée aux ouvriers sur leur demande, ne dura pas ; les patrons dénoncèrent l'accord, et, par un compromis, on adopta une échelle intermédiaire qui entra en fonctionnement le 1er janvier 1892. L'accord qui consacra cette nouvelle échelle est celui qui est resté en vigueur jusqu'à la grève de 1898 ; une traduction complète en a été donnée

(*) La livre, qui vaut 25 francs environ, comprend 20 schellings ; et chaque schelling, 12 pence ou deniers.

ici même par M. Bellom (*) ; nous nous contenterons donc d'en rappeler les traits principaux, qui sont les suivants :

1° Constitution d'un cômité mixte comprenant onze membres dont un secrétaire pour les patrons, et onze membres dont un secrétaire pour les ouvriers ;

2° Fixation des salaires d'après le prix de vente net du charbon gros, criblé, livré franco bord à Cardiff, Newport, Swansea et Barry, sans qu'il soit tenu compte du charbon livré aux ouvriers ;

3° Les salaires types (**) devant être les salaires effectivement payés en décembre 1879 et correspondant à un prix de vente net compris entre 7 sch. 10 1/4 et 8 schellings, sauf pour les houillères qui avaient jusqu'à ce jour pour salaire type le salaire de 1877 et qui conserveront ce dernier ;

4° Augmentation réglée tous les deux mois, à raison de 8 3/4 p. 100 par 1 schelling d'augmentation du prix de vente, et par fractions de 1 1/4 p. 100 à la fois ;

5° Ni maximum, ni minimum ;

6° Examen, chaque deux mois, des prix de vente, par deux vérificateurs nommés l'un par les patrons, l'autre par les ouvriers ;

7° Les contrats s'étendant sur une période de plus de douze mois ne pouvant entrer en ligne de compte pour plus de six périodes de deux mois ;

8° Le salaire payé est basé sur le poids de gros criblé produit par l'ouvrier et arrivant en cet état sur les wagons, c'est-à-dire qu'il n'est pas tenu compte du menu qui peut résulter de la rupture du charbon pendant les opérations qui suivent l'abatage ;

9° Dénonciation possible de part et d'autre après six mois de préavis.

(*) *Annales des Mines*, mai 1892.

(**) Il s'agit des salaires de tous les ouvriers du fond, que ces salaires soient fixés à la tâche ou à la journée.

L'accord fixait, en outre, certains points de détail relatifs à l'exécution du contrat de travail. Il spécifiait, en particulier, que les différends entre patrons et ouvriers devraient être, en général, réglés sur place, et par exception seulement tranchés par le Comité mixte. Cette clause avait une grande importance, en ce qu'elle était muette sur la question du tiers arbitre. Les ouvriers réclamaient en effet, depuis plusieurs années, et en toute occasion, cette institution ; les patrons s'y étaient montrés formellement opposés et, cette fois encore, avaient gain de cause : nous verrons que les ouvriers n'ont pas été plus heureux en 1898.

Les salaires qui résultaient de cet accord étaient très élevés à ce moment, puisqu'ils étaient à 46,25 p. 100 au-dessus du salaire type de 1879 (*). Cette situation, qui résultait des cours exceptionnellement élevés de 1891, prit fin presque aussitôt : les prix tombèrent de plusieurs schellings en 1892 ; en juin, le taux des salaires n'était plus que de 36 1/4 p. 100 au-dessus du salaire type. La baisse avait d'ailleurs une tendance à s'accentuer, bien que la production augmentât, ainsi que l'exportation. Mécontents, les mineurs, par 37.529 voix contre 26.027, déclarèrent qu'ils dénonçaient le contrat pour fin décembre 1892. Le mécontentement, qui visait non seulement le taux actuel, mais le système de l'échelle mobile lui-même, était entretenu par la Fédération des Mineurs de Grande-Bretagne, hostile à ce système. Toutefois, lors d'un second vote provoqué deux mois plus tard, 36.000 voix contre 18.000 se prononcèrent encore en faveur de l'échelle mobile. Le taux seul devait être discuté. Les ouvriers demandaient le retour au taux de 10 p. 100, un tiers arbitre et un système plus équi-

(*) Voir les taux antérieurs à 1891, dans l'ouvrage : *De la conciliation et de l'arbitrage dans les conflits collectifs entre patrons et ouvriers* (Office du travail).

table de fixation des prix de vente. Des pourparlers très actifs s'engagèrent ; les mineurs de la région étaient travaillés par les partisans et par les adversaires de l'échelle mobile, de telle sorte qu'ils étaient très flottants, et que le 31 décembre arriva sans que les chefs des ouvriers eussent des pouvoirs suffisants. Les patrons exigeaient que les ouvriers donnassent pleins pouvoirs à leurs délégués. A titre provisoire, on convint de proroger la convention jusqu'au 31 janvier 1893 ; dans le cours de janvier, les pleins pouvoirs furent votés par 41.814 voix contre 17.764. C'était, vu les opinions des représentants nommés, la victoire du principe de l'échelle mobile. Les pourparlers s'engagèrent alors à nouveau ; les patrons opposèrent un refus formel à toute demande d'augmentation. Le 31 janvier arriva sans qu'on eût pu s'entendre. Le travail ne cessa pas encore, mais on comprend que la rupture parut imminente. Cependant, le 17 février, l'accord se faisait. On revenait purement et simplement à l'accord de 1892, avec cette différence, — à l'avantage des ouvriers, — que l'on devait désormais, dans l'évaluation des prix de vente, tenir compte des anthracites, alors que précédemment ces charbons n'entraient pas en ligne de compte.

Ainsi, la grève, qui avait été imminente, était conjurée. Ce n'était pas dire, d'ailleurs, que le mécontentement fût dissipé. Bien au contraire, il ne fit que s'accroître avec les causes qui l'avaient fait naître.

La baisse se continua en 1893 et 1894, si bien qu'au cours de cette dernière année les ouvriers dénoncèrent encore une fois l'accord. La date résultant de cette dénonciation était le 31 mars 1895. Les ouvriers demandaient de nouveau le retour à l'échelle de 1890, c'est-à-dire à une échelle basée sur une augmentation de 10 p. 100 par schelling de hausse. Les patrons répondirent en congédiant les ouvriers pour le 31 mars et annonçant leur

intention de réclamer le retour à l'échelle de 1879 (7 1/2 p. 100 par schelling).

Mais, cette fois encore, le Comité mixte fut assez heureux pour conjurer la grève imminente. Un certain nombre de groupes d'ouvriers avaient redemandé l'abandon définitif du système de l'échelle mobile et son remplacement par le système du conseil de conciliation, ce dernier préconisé par la Fédération des Mineurs de la Grande-Bretagne. Un vote fut provoqué sur la question. Il donna les résultats suivants :

En faveur de l'échelle mobile	44.356
En faveur d'un conseil de conciliation	24.109

En présence de ce résultat, et la situation se retrouvant, en somme, la même qu'en 1892 et 1893, les patrons et les ouvriers se firent mutuellement la même concession qu'à cette date, c'est-à-dire que le taux de 8 3/4 p. 100 par schelling fut conservé. Le nouvel accord devait durer dix-huit mois, après quoi il pouvait être dénoncé avec six mois de préavis. Les prix correspondaient alors à un taux de salaires de 18 3/4 p. 100 au-dessus du salaire type de 1879.

La fin de l'année 1895 et le commencement de 1896 virent de nouvelles baisses, et, en février 1896, les salaires étaient tombés à 11 1/4 p. 100 au-dessus du salaire type. — La situation n'était donc pas pour plaire aux ouvriers ; leur mécontentement trouva bientôt un aliment dans la question de la *discharge note*, qui faillit causer une grève à la fin de mars. Cette question est, en somme, la question des livrets d'ouvriers. Les patrons étaient dans l'usage d'exiger, pour l'embauchage d'un ouvrier, un certificat émanant de l'entreprise dans laquelle l'ouvrier était précédemment employé. Les ouvriers se plaignaient de ce que cette pratique conduisait à exclure des mines certains

ouvriers mal notés, et ils exigeaient impérieusement que les patrons y renoncent.

En présence de la résistance des ouvriers, les patrons abandonnèrent leurs prétentions, et la grève fut de nouveau conjurée.

Les ouvriers, aussi bien d'ailleurs que les patrons, n'en restaient pas moins inquiets de la baisse des prix, et, un instant, on put croire que les patrons allaient avoir recours, pour enrayer cette baisse, à un moyen héroïque, dont les ouvriers appelaient l'application de tous leurs vœux. Au cours de 1896, diverses propositions furent émises en vue d'une réglementation de la production. Le 31 octobre, l'Association des Propriétaires de Houillères du Pays de Galles du Sud et du comté de Monmouth décida de faire étudier un projet d'organisation de cette nature, en prenant pour base le projet élaboré par M. D. Thomas, député aux Communes, et en même temps l'un des principaux propriétaires et administrateurs des *Cambrian Collieries*.

Ce projet a été analysé notamment dans les circulaires du Comité central des Houillères de France (*). Il différait nettement dans son esprit de l'accord intervenu entre les propriétaires Westphaliens en ce qu'il avait un caractère, pourrait-on dire, beaucoup moins coercitif et beaucoup plus libéral. Chacun conservait sa liberté d'action ; seulement, au cas où une mine produisait plus que le *quantum* qui devait lui être attribué, elle avait à payer une amende qui, dans la pensée des auteurs du projet, devait compenser l'avantage résultant pour la mine de l'augmentation de production. De cette manière, on se flattait de supprimer automatiquement toute *underselling*, toute vente au-dessous des prix raisonnables.

Le 15 février, la Sous-Commission déposait sur le bureau

(*) Circulaire n° 1354.

de l'Association un projet conforme, dans son esprit, à celui de M. D. Thomas(*). — Le 18 mars, on décidait de recourir au vote et d'adopter le projet s'il emportait l'adhésion d'associés représentant au moins 90 p. 100 de la production. On décidait, en outre, de ne convoquer l'Assemblée générale des exploitants qu'après avoir soumis le projet au Comité mixte de l'échelle mobile et avoir ainsi permis aux membres ouvriers de ce Comité de donner leur avis. Enfin l'adoption du projet n'était considérée comme possible que si elle était subordonnée à la prolongation, pendant deux ans à dater du 1er avril 1897, de l'accord sur l'échelle mobile.

Les ouvriers, il n'est pas besoin de le dire, se montrèrent très favorables au projet. L'assemblée générale des exploitants, — associés ou non, — se réunit le 18 juin; 34 millions de tonnes étaient représentées. Un nombre de membres correspondant à 67 p. 100 seulement de la production se montrèrent favorables au projet, mais sous la condition que 80 à 95 p. 100 de la production fût englobée dans l'accord.

Le résultat fut que la proposition échoua définitivement : il n'y avait pas en sa faveur une majorité assez compacte.

Pendant toute la durée des négociations qui précédèrent cet échec, les ouvriers se montrèrent très patients. Ils espéraient toujours voir aboutir une combinaison qui, en fait, paraissait devoir pratiquement leur assurer un minimum de salaires. — L'échec de la proposition fut pour eux une déception profonde; ce fut la goutte d'eau qui fit déborder le vase, et, le 1er octobre 1897, ils dénoncèrent l'accord, qui devait ainsi cesser d'être en vigueur le 31 mars 1898.

Le secrétaire patronal, M. Dalziel, accusa réception de la lettre le 21 octobre; mais ce ne fut qu'au commence-

(*) Circulaire 1398 du Comité central des Houillères de France.

ment de 1898 que des négociations commencèrent à s'engager. Notons, en passant, que les salaires restaient au même taux, à peu de chose près, qu'en 1895 : le Comité, réuni le 3 décembre, fixait le taux à 11 3/4 p. 100 au-dessus du salaire type pour janvier et février 1898.

Le 11 janvier, eut lieu une réunion des délégués ouvriers des différents centres, convoqués par les membres ouvriers du comité mixte, afin de permettre à ces derniers d'adopter une ligne de conduite. La plupart de ces membres, et notamment le plus influent d'entre eux, M. Abraham, surnommé Mabon, député aux Communes, étaient favorables au maintien de l'échelle mobile et s'efforcèrent de faire partager leur manière de voir aux ouvriers. Ils y parvinrent en ce sens qu'à cette date la continuation même de l'échelle mobile ne fut pas mise en question ; mais les délégués leur donnèrent mandat de réclamer soit un minimum équitable, soit une réglementation de la production, et de poursuivre, en outre, telle amélioration qu'il serait possible pour l'accord existant.

Le 29 janvier, le Comité mixte se réunit en séance régulière en vue de la fixation du taux des salaires, que les prix de vente permirent de fixer à 12 1/2 p. 100 au-dessus du salaire type, pour février et mars. En même temps, le Comité convint de se réunir le 12 février pour discuter les conditions de la reprise du travail.

La conférence du 12 fut sans résultat ; on se réunit de nouveau le 19 ; la semaine suivante, plusieurs réunions furent encore tenues ; les membres ouvriers insistaient pour obtenir un système de réglementation de la production ; les membres patrons refusaient d'aborder ce terrain ; bref, on dut, après des pourparlers stériles, s'ajourner au 12 mars.

Les patrons paraissaient d'ailleurs fort peu disposés à accorder aux ouvriers des conditions plus favorables que celles que leur donnait l'accord dénoncé. Bien au contraire,

ils répondaient aux demandes des ouvriers en vue d'une amélioration de salaires, par les propositions suivantes: substitution à l'ancienne échelle à taux fixe, d'une échelle à taux variable ainsi réglé : 7 1/2 p. 100 pour des prix de vente de 8 à 9 schellings; 8 1/2 p. 100 pour des prix de 9 à 11 schellings et 9 1/2 p. 100 pour des prix de 11 schellings et plus. Si l'on réfléchit que le fond de la dispute était le mécontentement des ouvriers en présence de la baisse des prix, qu'ils craignaient de voir s'accentuer, une pareille proposition n'était pas pour leur plaire, puisqu'elle les mettait dans une situation d'autant plus défavorable que les prix étaient plus bas(*). De leur côté, les patrons ne voulaient pas admettre que ce système fût plus défavorable aux ouvriers que l'ancien, et ils partaient de là pour exiger : un accord d'une durée de cinq ans, pouvant être dénoncé avec un préavis de six mois, mais ce dernier donné après un vote auquel prendraient part les 2/3 au moins des ouvriers adultes, et l'avis de dénonciation ne pouvant être donné que si 60 p. 100 au moins des votants se prononçaient dans ce sens : la suppression du *Mabon's day*, jour de congé mensuel (premier lundi du mois), accordé précédemment sur la demande du député Abraham, et que les patrons considéraient comme ruineux à cause des irrégularités qu'il introduisait dans le travail; enfin introduction de la *discharge note*.

On ne peut dire que ces propositions fussent pacifiques; elles étaient plutôt destinées à aviver les rancunes et à rallumer le feu qui couvait. C'est du moins l'effet qu'elles produisirent. Les membres ouvriers du Comité mixte rendirent compte de leurs négociations aux délégués immédiatement après la séance du Comité du 12 mars. Ils demandèrent qu'un vote fût provoqué en vue de décider s'ils

(*) Pourvu qu'ils restent au-dessus de 8 schellings ; car, au-dessous, c'est le taux le plus faible qui devient le plus avantageux.

avaient les pouvoirs nécessaires pour discuter avec les patrons le renouvellement de l'accord. Il est, en effet, à remarquer que, en tant que membres du Comité de l'Échelle mobile, ils n'avaient pas, en réalité, de mandat pour discuter autre chose que les questions d'application de l'accord existant ; la seule extension de pouvoir qui leur eût été donnée émanait de la conférence du 11 janvier, et les propositions des patrons s'éloignaient trop des vœux des délégués ouvriers pour qu'une discussion fût possible sans un nouveau vote. Les patrons étaient d'ailleurs les premiers à le dire et refusaient de traiter avec les membres ouvriers du Comité de l'Échelle mobile, si ces derniers n'étaient pas munis de pleins pouvoirs.

On vota alors dans les divers centres ouvriers, et, le 22, les délégués se réunirent de nouveau pour constater, en centralisant les procès-verbaux des votes, que les pleins pouvoirs n'étaient pas accordés aux anciens membres du Comité mixte : 14.500 voix s'étaient prononcées pour, et 44.800 contre. Le 25, le Comité mixte se réunit de nouveau ; en présence des résultats du vote, aucune discussion n'était plus possible ; les patrons annoncèrent leur intention de rompre l'accord le 1er avril. Toutefois, en présence de l'insistance des membres ouvriers, ils consentirent à retarder jusqu'au 9 avril, samedi saint, l'application de cette mesure, afin de donner aux ouvriers le temps de se prononcer à nouveau.

Mais le mécontentement dont les votes récents étaient la manifestation n'était pas superficiel : les tentatives de rupture tant de fois répétées des années précédentes l'avaient bien prouvé ; il était profond. Les ouvriers, convaincus que l'échelle mobile était et serait toujours à leur détriment, n'en voulaient plus, et l'insistance avec laquelle leurs chefs leur recommandaient de conserver ce mode de règlement des salaires avait fait disparaître toute confiance. Autrement dit, le désaccord entre la masse des

ouvriers et leurs anciens chefs était plus profond que celui qui séparait ces derniers des patrons. C'était la désorganisation et l'anarchie. Le 1er avril, malgré l'avis donné par les patrons, un grand nombre d'ouvriers chômèrent; le 4, premier lundi d'avril, le chômage fut presque général. Le 7, se tint à Cardiff une réunion de 175 délégués ouvriers représentant 100.000 mineurs et appelés à se prononcer de nouveau sur les pleins pouvoirs. La discussion fut telle qu'il ne fut même pas possible de voter sur cette question; et on se sépara après avoir décidé de réclamer ce qu'on a appelé les « trois dix », c'est-à-dire:

Un taux d'augmentation de 10 p. 100;

Une augmentation immédiate de 10 p. 100.

La fixation d'un minimum équivalent au prix de vente de 10 schellings (*).

Les patrons associés avaient, entre temps (le 5 avril), décidé de maintenir leur confiance aux membres du Comité de l'Echelle mobile, c'est-à-dire qu'ils avaient donné à ces derniers les pleins pouvoirs que les ouvriers avaient refusés à leurs représentants.

Sur la décision de ce Comité, ils répondirent par une affiche posée le 9 sur leurs puits. Le travail pourrait être repris aux conditions que nous avons énoncées plus haut, savoir : suppression du Mabon's Day, « discharge note », échelle à taux progressifs 7 1/2, 8 1/2 et 9 1/2, et pas d'augmentation actuelle. C'était la guerre déclarée : le 11 avril, le chômage était général dans les mines associées (**).

(*) On remarquera que la seconde revendication n'est à peu de chose près que la demande de mise en application immédiate des deux autres. Le diagramme ci-contre permet de suivre toutes ces contestations relatives aux taux des salaires.

(**) Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que, ici comme dans tout ce qui va suivre, lorsque nous parlons des ouvriers, il s'agit uniquement des mineurs proprement dits. — Les chauffeurs, mécaniciens et ouvriers chargés de l'entretien des machines sont entièrement en dehors du mouvement que nous étudions. Ils ont des Unions assez

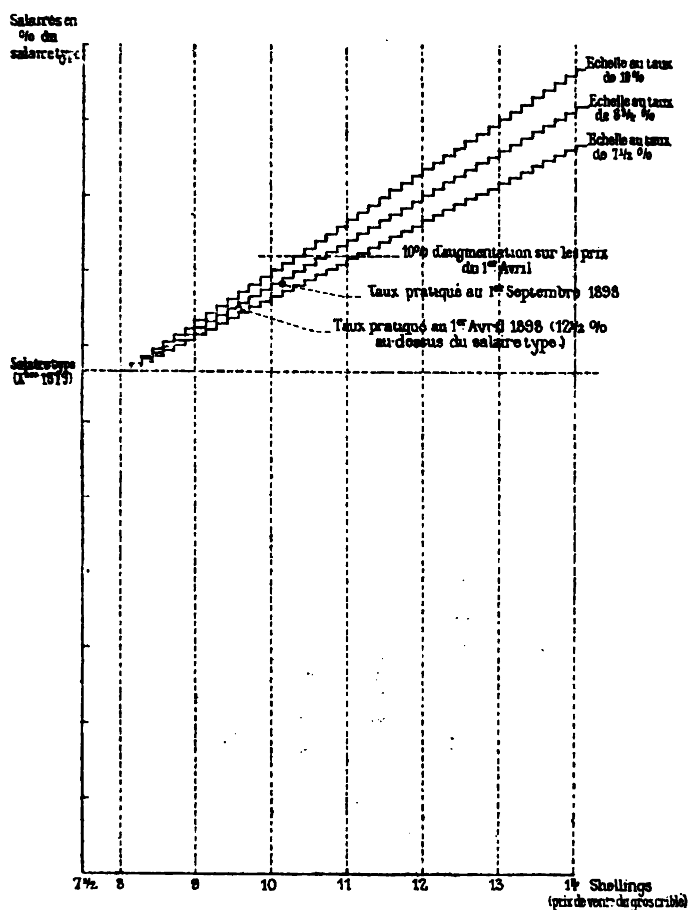


Diagramme permettant de suivre les variations des salaires d'après les prix de vente, avec les diverses échelles.

II

SITUATION RESPECTIVE DES PARTIS EN PRÉSENCE.

Quelle était, au début de la grève, la situation des partis en présence ? Quelles étaient les ressources de ces partis, et quelles étaient exactement leurs revendications? C'est ce qu'il convient d'examiner avant de passer à l'historique de la grève proprement dite.

Du côté des ouvriers, le fait dominant est l'absence complète de cohésion. On sait que les mineurs du Pays de Galles et du Monmouth sont restés étrangers au mouvement trade-unioniste et qu'ils ne sont pas entrés dans la Fédération des Mineurs de Grande-Bretagne. A cette abstention, on pourrait indiquer plusieurs causes. Une opinion généralement accréditée est qu'il faut l'attribuer à la différence de race. Cette différence est profonde : elle se traduit par le langage, par les coutumes, et, au fond, par le caractère ; on ne saurait en donner une meilleure idée qu'en la comparant à celle qui sépare les Bretons des habitants du Nord de la France. — « Jamais, nous disait l'un des plus éminents managers du comté de Monmouth, les ouvriers d'ici ne consentiront à entrer en fédération avec les *Anglais.* » Ce n'est pas seulement avec les *Anglais*, mais entre eux, que l'union en vue d'intérêt commun est difficile à établir : les événements l'avaient déjà montré à plusieurs reprises depuis 1875 ; ils viennent de le prouver une fois de plus.

L'absence d'Unions implique d'abord l'absence de chefs,

---

solides, et ne sont pas englobés parmi les mineurs, bien que leurs salaires se trouvent, par suite d'accords spéciaux, réglés de même. — A plusieurs reprises, pendant la grève, les mineurs ont exercé sur ces ouvriers une pression assez vive pour les obliger à cesser leur travail. Ils n'y ont jamais réussi (Voir p. 516 et suiv.).

ensuite l'absence de ressources. L'absence de chefs n'est sans doute pas totale, puisque, en réalité, les membres du Comité de l'Echelle mobile ont joué ce rôle jusqu'en 1898; mais ils n'ont pu se maintenir et garder la confiance de leurs mandants que grâce à des efforts continuels; les tentatives de grèves qui s'étaient si souvent produites n'étaient que la manifestation du désir des ouvriers d'échapper à leurs élus, qui, eux, ont à peu près toujours été opposés à la grève.

On ne pourrait en dire autant de l'absence de ressources: celle-là était complète. En dehors des cotisations très minimes que nécessitaient les frais de fonctionnement du Comité de l'Echelle mobile, — cotisations au sujet desquelles des protestations bien peu éclairées se sont produites pendant la grève, — les ouvriers n'avaient constitué aucun fonds de résistance. Il a fallu les circonstances dont nous parlerons plus loin pour que la grève soit possible; nous verrons en tous cas que les subsides qui l'ont permise provenaient de toute espèce de sources, excepté de la prévoyance des ouvriers du Pays de Galles eux-mêmes.

Du côté des patrons la situation était différente. L'union n'était pas complète, mais elle était solide. — L'Association de Propriétaires de Mines de houille du sud du Pays de Galles et du comté de Monmouth groupe un ensemble de charbonnages qui a produit, en 1897, 27.299.039 tonnes, sur un peu plus de 35.000.000 de tonnes que produit le bassin. Elle englobe donc à peu près les 80 p. 100 de la production. C'est un simple Syndicat de défense des intérêts communs. Elle a à sa tête les membres les plus influents du Comité mixte de l'échelle mobile; son président est M. Henry Lewis (de la Cie « Albion »), et son vice-président M. H.-W. Martin (de la Cie « Dowlais »). — Parmi les membres les plus en vue, il faut citer le président du Comité de l'échelle mobile, Sir W.-T. Lewis,

dont la notoriété est déjà ancienne, puisqu'en février 1879 il était déjà nommé membre de la Commission royale des Accidents de mines. Pendant toute la grève, l'union paraît être restée absolument parfaite entre les associés, sauf vers la fin, et encore ne s'est-il produit qu'un semblant de défection. Il faut dire d'ailleurs que les charbonnages les plus puissants, à quelques très rares exceptions près, font partie de l'Association (*).

Les ressources du Comité n'ont pas été exactement connues. On a parlé d'un fonds de 300.000 livres (7.500.000 francs) qui aurait été absorbé par les frais de grève. En réalité, il est probable que la grève a coûté plus cher que cela aux patrons associés; mais on est réduit à des conjectures. — Dans une conversation, le Président de la Chambre de Commerce, faisant remarquer qu'il y a 186 charbonnages associés, et que chacun coûte environ 100 livres par semaine, en conclut que les patrons associés dépensent par semaine 18.000 livres, ce qui, pour les vingt et une semaines de grève, aurait fait 380.000 livres environ. — On peut faire l'évaluation d'une autre manière. Les charbonnages associés ont produit 27.000.000 de tonnes en 1897, soit 520.000 tonnes par semaine; ils auraient donc produit environ 11 millions de tonnes pendant le temps qu'a duré la grève. Les patrons peuvent être considérés comme ayant payé pendant tout ce temps une bonne partie des frais généraux correspondants, les frais d'épuisement, une partie des frais d'entretien, et avoir en même temps perdu les sommes consacrées à l'amortissement. Le chiffre de 380.000 livres, ou 9.500.000 francs, paraît, dans ces conditions, être une limite très inférieure des pertes réelles. L'énergie avec laquelle les patrons ont lutté, la décision

(*) La statistique officielle pour 1896 indique 439 mines de houille dans les comtés de Glamorgan et de Monmouth. Or 186 seulement sont associées, soit 42 p. 100, représentant 80 p. 100 de la production.

avec laquelle ils ont accepté et soutenu la lutte, montrent que leurs ressources disponibles étaient largement suffisantes, et par conséquent très probablement au-dessus des chiffres cités.

Ainsi, d'une part, une organisation nulle et des ressources nulles ; d'autre part, une forte majorité, soit les 4/5 des patrons, solidement unis, décidés à résister, et possédant assez de réserves pour envisager sans crainte un long chômage.

Quelles étaient donc les raisons qui poussaient les deux partis à la lutte ?

On a vu que les ouvriers ont, à plusieurs reprises, depuis vingt-trois ans que le système de l'échelle mobile fonctionne dans le bassin du Sud-Ouest, tenté d'obtenir une échelle meilleure, et surtout un salaire minimum. C'était là ce qui leur tenait le plus au cœur, et cette réclamation s'était faite de plus en plus vive après la période de prospérité de 1890 et 1891. Les mineurs voyaient avec angoisse les prix baisser continuellement, sans que l'on pût prévoir une hausse quelconque dans un délai même éloigné. Rapprochant ce fait de la continuelle augmentation de production du bassin, ils concluaient, non sans raison, que cette baisse était fatale, qu'elle résultait de l' « underselling », de la vente au-dessous des prix raisonnables, consentie par les patrons, afin de diminuer les frais généraux. Ils ne voyaient pas de limite à la baisse, qui, disaient-ils, importait peu aux patrons, puisque les salaires baissaient mécaniquement en même temps; et cette dernière conséquence les effrayait. De sorte que, depuis longtemps, ils demandaient ce que nous les verrons demander pendant toute la grève : une échelle, soit, si l'on veut; mais une échelle *with a bottom to it*, avec un arrêt, ne permettant pas aux salaires de baisser d'une manière indéfinie, de tomber par exemple de 17 1/2 p. 100 au-dessous du salaire type,

s'il plaisait un jour aux patrons de vendre leurs charbons à 6 schellings en moyenne. C'est la crainte de voir les membres ouvriers du Comité mixte céder une fois de plus sur cette question, qui a, croyons-nous, contribué le plus puissamment au refus des pleins pouvoirs; c'est cette crainte qui a dominé toute la grève.

A côté de cette question, il y avait celle des augmentations demandées sous la double forme : substitution du taux de 10 p. 100 au taux de 8 3/4 p. 100, et augmentation immédiate de 10 p. 100. Cette dernière prétention n'a été introduite qu'après coup. La première des deux était plus sérieuse. Elle indiquait non seulement une inquiétude pour l'avenir, mais un mécontentement pour le présent. Ce mécontentement était-il justifié? Les salaires, aux taux du mois de mars 1898 (soit 12 1/2 p. 100 au-dessus du salaire type) sont-ils réellement bas ?

Si l'on s'en tient à l'examen des taux depuis que l'échelle fonctionne, on trouve que, à part la période essentiellement favorable qui s'étendit de 1890 au milieu de 1892, période où les salaires s'élevèrent jusqu'à près de 50 p. 100 au-dessus du salaire type, les salaires n'ont jamais été notablement au-dessus du taux actuel. Jusqu'au milieu de 1889, ils n'avaient pas dépassé 17 1/2 p. 100 au-dessus du salaire type; ils étaient tombés au taux de 2 1/2 p. 100 en 1887. A la fin de 1889 et en 1890, ils s'élevèrent progressivement pour arriver jusqu'à 50 p. 100 au-dessus du salaire type, mais ils baissèrent en 1891, et encore en 1892. Depuis lors, ils ne sont guère remontés, mais sont restés assez fixes, aux environs du taux de 10 p. 100, plutôt au dessus. Le taux de 12 1/2 p. 100, s'il ne rappelle que de loin les périodes exceptionnellement heureuses, n'est donc nullement un taux bas : il n'a été dépassé qu'au cours de quatre ou cinq exercices, pendant un fonctionnement de vingt-trois ans.

Maintenant, ce taux correspondrait-il à des salaires bas, d'une manière absolue?

Il y a eu, à ce sujet, dès le début de la grève, des polémiques très ardentes. A la suite des premiers incidents, les patrons publièrent un manifeste, daté du 14 avril, dans lequel ils essayaient de mettre l'opinion de leur côté en énumérant certains chiffres. Ces chiffres furent l'objet des plus vives critiques de la part des ouvriers, et nous ne serions pas éloignés de croire que ces critiques étaient assez fondées. Le 18 avril, le Comité ouvrier répondait en citant d'autres chiffres, extraits des statistiques officielles, et ayant pour cette raison le tort d'être un peu anciennes. C'est l'objection capitale que fit à cette réponse une nouvelle note des patrons, publiée le 28 avril. Les ouvriers traitèrent cette note par le mépris et déclarèrent officiellement, par l'organe de leur Comité, s'en tenir à leur première réplique, mais la polémique ne cessa pas et continua dans la presse et dans les réunions pendant toute la durée de la grève. L'organisation et les habitudes de travail rendent, en effet, toujours très laborieuses les discussions en pareille matière : on peut en juger par ce qui suit.

L'organisation du travail dans les houillères du Pays de Galles comporte, outre les rouleurs, les boiseurs et les ouvriers divers, une série d'ouvriers occupés à l'abatage et au chargement. Le groupement de ces derniers diffère suivant les mines. En général, deux ouvriers travaillent ensemble au même point, l'un étant l'aide de l'autre, et recevant un salaire fixe, 3 schellings à 4 sch. 6. Mais, dans maint endroit, un ouvrier chargé d'un chantier a sous sa direction plus d'un aide, et quelquefois jusqu'à six ; ces aides sont alors non plus seulement des hommes faits, mais, en partie, des gamins de douze à seize ans, payés, à la journée, de 2 à 3 schellings. Cet ouvrier devient alors un véritable entrepreneur. On voit

à quelles combinaisons peuvent se prêter les salaires résultants, suivant qu'on prend ou non en considération les salaires des aides. Le manifeste du 14 avril cite des salaires allant jusqu'à 12 sch. 10 : il est clair qu'il s'agit d'entrepreneurs. Les ouvriers répondent par des moyennes de 4 ou 4 sch. 6; il paraît probable qu'ils comprennent dans ces chiffres les salaires de tous ou presque tous les enfants de douze à seize ans, lesquels forment à peu près exactement le 1/10 du personnel du fond. La discussion peut durer indéfiniment, et le malentendu s'aggraver par l'introduction d'un facteur qu'on ne peut chiffrer ; c'est le nombre de jours de chômage. Les ouvriers disent : soit, nos salaires journaliers sont de 5, 6 schellings, si vous voulez ; mais nous travaillons en moyenne quatre à cinq jours par semaine. A quoi les patrons de répondre : Supprimons le Mabon's day, ce jour de congé mensuel qui se prolonge trop souvent deux et trois jours, et, la plupart du temps, sauf des circonstances exceptionnelles, vous travaillerez régulièrement. A ce point de vue, il semble que les patrons aient raison. L'ouvrier gallois est irrégulier, et les patrons s'en plaignent amèrement.

En présence de ces discussions sur des bases assez vagues et qui, en tous cas, ne sont pas les mêmes des deux côtés, nous aurions voulu nous former une opinion.

Il est assez difficile, — en raison de la répugnance des propriétaires anglais à donner des renseignements sur leurs prix de revient, — de trouver des statistiques d'ensemble ayant une valeur réelle. Mais l'analogie des mines entre elles fait que les chiffres isolés peuvent avoir une valeur presque égale à des moyennes. Or, si nous nous en rapportons aux documents de cette nature que nous avons pu recueillir, nous trouvons que les salaires, considérés absolument, sont, en somme, élevés. Le chiffre cité par les ouvriers pendant la grève, comme représentant un minimum, est déjà élevé : ce chiffre est 1 livre,

soit 25 francs par semaine. Si du chiffre par semaine, cité par les ouvriers, peut-être à dessein, on passe au chiffre par jour, le chiffre de 5 schellings par jour, comme moyenne, paraît le plus vraisemblable. Il s'agirait toutefois seulement de la moyenne des salaires des hommes du fond au-dessus de seize ans. Dans une importante exploitation du Monmouthshire, il m'a été affirmé que la moyenne du salaire journalier des hommes au-dessus de seize ans avait été, en 1897, de 5 sch. 3 pence. Je puis, d'autre part, citer les chiffres suivants, qui sont les prix à peu près usuels payés pour le boisage à prix fait, ailleurs que dans les tailles. La pose d'un support (bois unique) est payée 8 pence (prix type) ; la pose d'un cadre, 1 sch. 6 pence (id.) ; l'établissement d'une pile de bois à un croisement de chemins, 2 sch. 6 pence ; au taux de 12 1/2 p. 100 au-dessus du salaire type, ces prix montent à 9 pence, 1 sch. 8 1/2 pence, 2 sch. 9 pence. Ce ne sont pas là de bas prix.

Il est vrai, d'ailleurs, que personne ne conteste l'élévation relative des salaires des boiseurs, salaires que le manifeste des patrons, peu attaqué sur ce point, fixe entre 6 et 7 schellings ; ces ouvriers sont tous des ouvriers, travaillant en général à prix fait, et parmi lesquels les *unskilled* sont rares. Au reste, cette question des salaires dans le Pays de Galles s'éclaire beaucoup, si l'on réfléchit que ce bassin est celui où la production s'est accrue le plus vite. Elle a monté de 800.000 tonnes par an depuis trente ans. La production annuelle par ouvrier étant d'environ 315 tonnes, c'est 2.500 travailleurs nouveaux qui ont embrassé, chaque année, la profession de mineur, en dehors de ceux qui comblaient les vides faits par l'âge, la maladie ou les accidents. La proportion des ouvriers *unskilled*, mal exercés, est donc plus forte que dans les autres bassins houillers qui n'ont pas vu leur prospérité s'accroître

aussi vite : c'est ce qui expliquerait l'écart très prononcé entre les salaires des ouvriers capables et ceux des autres, et en même temps la moyenne assez basse malgré des prix d'unité assez élevés.

Cette élévation relative des prix d'unité ressort des comparaisons que nous avons pu faire entre les divers bassins. En général, les couches exploitées dans le Centre et le Nord sont moins épaisses, ou plus dures que les couches galloises ; ou elles nécessitent un triage. — Or les prix unitaires sont plutôt au-dessous qu'au-dessus de ceux qui sont payés dans le bassin du Pays de Galles. Ainsi, les prix types de la tonne abattue et chargée avec boisage du front de taille sont compris, dans ce dernier bassin, entre 1 schelling et 1 sch. 8 pence, ce qui fait 1 sch. 1 1/2 pence et 1 sch. 10 1/2 pence, au taux de mars 1898 ; alors que dans le Durham et le Northumberland les salaires varient de 10 pence à 1 sch. 6, et sont, en moyenne, de 1 sch. 2 par tonne, pour le même travail que dans le bassin du Sud-Ouest ; de même dans le Centre. On peut objecter qu'on ne paie pas aux ouvriers gallois le menu qu'ils produisent. C'est même là l'une des causes du différend qui s'est élevé à la fin de 1891. Mais, si l'on considère les facilités qu'offre l'abatage, on trouve là une compensation suffisante. En résumé donc, il semble que les salaires à la tonne du bassin du Sud-Ouest, aux taux actuels, sont plutôt au-dessus qu'au-dessous des salaires payés dans le reste du Royaume-Uni.

Mais la différence peut être inverse, si l'on considère le prix de la journée ; car les ouvriers du Pays de Galles paraissent être moins exercés, moins appliqués que leurs camarades du Nord, et, en fait, ils produisent moins qu'eux. C'est la conséquence de ce que nous avons dit sur la proportion d'ouvriers *unskilled;* peut-être aussi est-ce encore un résultat de la différence des races ; enfin et surtout les hauts salaires pratiqués en 1890 et 1891

ne doivent pas être étrangers aux mauvaises habitudes prises par le personnel des houillères galloises.

Un dernier point resterait à éclaircir; sur celui-là nous avons peine à nous prononcer. Le coût de la vie serait-il plus élevé dans le Pays de Galles qu'ailleurs? Au point de vue des denrées alimentaires et des vêtements, nous n'avons aucune donnée. Au point de vue du logement et du chauffage, il semble que les mineurs du Pays de Galles soient moins favorisés que ceux du Centre; nous croyons savoir en effet qu'ils ont à payer en général pour leurs maisons un loyer de 4 à 5 schellings par semaine, et à payer leur charbon, à un prix de faveur il est vrai, tandis que bien des mines du Centre donnent gratuitement le logement et le charbon. — Mais nous n'avons pas sur ce point de renseignements absolument certains.

De tout ce qui précède il semble en tous cas résulter que les salaires actuels des mineurs du Pays de Galles sont plutôt élevés, ou qu'au moins ils ne sont pas au-dessous des chiffres considérés partout ailleurs comme très raisonnables. Si donc des demandes d'augmentation de salaires, des plaintes sur le taux actuel, se sont fait entendre pendant toute la durée de la grève, c'est parce qu'il ne peut pas y avoir de lutte ouvrière sans cela. Le point capital des revendications des ouvriers, en ce qui concernait le taux des salaires, c'était la question du minimum. Et il faut avouer que leurs appréhensions se comprennent facilement, et que la longueur de leur résistance pourrait être expliquée par cette seule considération.

Des autres revendications formulées par les ouvriers au début de la grève, la seule qui ait quelque importance était celle qui visait le tiers arbitre. Depuis longtemps, les ouvriers réclamaient la création de ce rouage dans le jeu du contrat de travail; les patrons l'avaient toujours refusé.

L'arbitrage, qu'il soit exercé par un Comité ou par un individu, est largement pratiqué en Angleterre, surtout sous la première forme (*). Les patrons gallois l'ont admis autrefois à plusieurs reprises ; mais ils estiment que l'arbitrage a été exercé à leur détriment, et depuis longtemps ils ne veulent plus en entendre parler. Nous avons fait remarquer que l'accord de 1892 spécifiait que les différends seraient autant que possible réglés sur place, et que le Comité mixte n'interviendrait qu'exceptionnellement. Cette clause semblait reconnaître au Comité mixte le caractère d'un conseil de conciliation ; mais, en fait, la composition de ce Conseil, le fait qu'il ne se réunit que tous les mois, et surtout la mauvaise volonté des patrons à l'égard de l'arbitrage, font que presque toutes les questions qui lui ont été déférées n'ont jamais reçu de solution. Les ouvriers le savent ; depuis 1892 surtout ils réclament en toute occasion l'institution d'un tiers arbitre, et ils ne devaient pas manquer, en 1898, de soulever à nouveau cette question.

En présence de ces revendications ouvrières, les patrons associés paraissaient disposés, dès le début de la grève, non seulement à opposer une résistance acharnée, mais à apporter eux-mêmes des revendications inverses de celles des ouvriers.

Tout d'abord, en ce qui concerne les concessions à faire aux ouvriers en vue de l'augmentation des salaires, les patrons se déclaraient absolument hors d'état d'accorder quoi que ce soit. Ils donnaient de leur refus des raisons tirées à la fois de l'élévation du prix de revient et de l'état présent et futur du marché. Ce sont ces raisons que nous allons examiner.

En ce qui concerne le prix de revient, il est assez difficile, pour les raisons déjà citées, d'avoir des chiffres

---

(*) Voir l'ouvrage de l'Office du travail déjà cité.

d'ensemble bien exacts. Le seul chiffre qui résulte des documents officiels est la production individuelle et annuelle pour chaque bassin. — En faisant toutes réserves sur la valeur de ces statistiques, basées sur le nombre d'ouvriers, nombre si difficile à fixer exactement, on peut leur attribuer au moins une valeur comparative ; dans ces conditions, on trouve que la production individuelle par an et par ouvrier du fond, dans le Sud-Ouest, est notablement inférieure au même chiffre dans la plupart des autres grands bassins. L'infériorité est un peu moins marquée si l'on tient compte des ouvriers du jour, parce que ces derniers sont moins nombreux dans le Sud-Ouest que partout ailleurs ; mais elle subsiste, et on peut dire, croyons-nous, qu'à salaires égaux le prix de revient de la main-d'œuvre par tonne est plus élevé dans le Sud-Ouest que dans la plupart des autres pays du Royaume ; cet écart est accentué par la différence du taux des salaires.

En est-il de même pour les fournitures? De l'avis général (et la visite des travaux ainsi que les résultats d'exploitation confirment cette manière de voir), le soutènement dans les mines du Sud-Ouest est exceptionnellement difficile, et la dépense de bois est élevée. Le bois employé provient presque toujours des plantations des Landes ; il est moyennement coûteux : les prix à Cardiff oscillent aux environs de 15 schellings la tonne, c'est-à-dire que ces prix sont très comparables à ceux qui sont pratiqués en France, au moins dans le Plateau Central. Or, d'après des renseignements que nous avons tout lieu de croire exacts, la dépense de bois par tonne varie de 9 pence à 1 schelling, alors que dans le Yorkshire et le Durham on nous a indiqué des dépenses variant de 2 à 4 pence. Il y a donc là une cause marquée d'augmentation de prix de revient.

Le reste des fournitures et les autres dépenses ne

paraissent pas être plus coûteuses qu'ailleurs. Les redevances au propriétaire du sol sont, comme ailleurs, de 5 à 6 pence. Dans ces conditions on arrive à des prix de revient sur wagons que nous croyons pouvoir évaluer, d'après les autres renseignements qui nous ont été donnés, entre 5 schellings et 6 schellings et demi. Ces prix ne comprennent pas les frais d'amortissement, qui, comme partout en Angleterre, sont peu élevés (*). Nous n'y faisons pas entrer non plus les dépenses que causera l'application de la loi sur la compensation des accidents. Enfin, pour comparer les prix de revient aux prix de vente, comme ces derniers sont évalués à Cardiff et sous vergue, il faudrait tenir compte des frais de transport et d'embarquement, frais extraordinairement bas, paraît-il.

Nous venons de citer la loi sur la compensation des accidents. On n'ignore pas que cette loi, qui entrait en vigueur le 1er juillet 1898, a fait les frais d'un certain nombre de discours pendant la grève; d'aucuns ont déclaré que la résistance des patrons provenait notamment de leur intention de faire supporter aux ouvriers le supplément de frais qui résultera pour eux de l'application de cette loi. — Quel sera ce supplément de frais ? En réalité, nous croyons qu'à l'heure actuelle on n'en sait trop rien. Les personnes les plus compétentes que nous avons consultées à ce sujet nous ont presque unanimement et sans hésiter répondu : « 1 penny à 1 penny et demi par tonne ». Sur quoi est basée cette affirmation ? Sur des évaluations forcément assez vagues. Car les statistiques d'accidents où entreraient les accidents causant plus de deux semaines d'incapacité de travail paraissent faire totalement défaut ; et, si elles existaient, l'application de la loi comporte diverses incertitudes qui ne permettront de

(*) Voir plus loin, p. 491 et suiv.

se prononcer sur la charge exacte à laquelle elle correspond, qu'après une certaine durée d'application. En faisant une évaluation grossière, on arrive à ce résultat que le chiffre de 1 penny par tonne n'est pas exagéré et que le chiffre réel doit être compris entre 1 penny et 2 pence par tonne (*).

Quant aux intérêts et aux amortissements, ils représentent, en général, dans les houillères anglaises, une somme assez faible.

Dans un travail déjà ancien, mais qui, à ce point de vue, peut encore être cité, M. Luyton (*Bull. Soc. Ind. Min.*, 1864) fait ressortir la différence considérable qui

---

(*) Les seules statistiques qui pourraient permettre, à l'heure actuelle, de trancher la question en se basant sur des faits accomplis, sont les statistiques allemandes ; mais elles seraient insuffisantes en ce qui concerne les victimes d'accidents occasionnant plus de deux semaines d'incapacité de travail.

M. Gruner (*Charges probables résultant des projets de loi d'assurance contre les accidents*) a essayé de dégager des statistiques existant en 1890 quelques données, en prenant notamment pour bases du calcul les statistiques établies par le Service des Mines en 1885, 1886 et 1887. — Il s'est placé dans la double hypothèse des projets Ricard et Jules Roche, qui tous deux peuvent être considérés comme plus favorables aux ouvriers que la loi anglaise, puisque, en particulier, ils prévoient en cas de mort des pensions aux veuves, orphelins et ascendants, alors que la loi anglaise ne prévoit que des indemnités une fois payées, variant de 10 livres à 150 livres, — et le reste à l'avenant. — Or les chiffres par tonne auxquels arrive M. Gruner, sont respectivement de 0 fr. 17 et 0 fr. 21. Si les salaires sont plus élevés dans le Pays de Galles qu'en France, par contre la part des salaires dans les prix de revient est relativement moindre, de sorte qu'il y a à peu près compensation. Le chiffre de 2 pence par tonne doit donc être considéré comme un maximum

Ce résultat est d'ailleurs concordant avec celui qui résulte des efforts faits dans quelques-uns des bassins anglais pour arriver à l'évaluer *a priori*. L'intérêt qu'il y avait à faire cette évaluation réside dans ce fait qu'il y avait lieu, au 1er juillet dernier (date de mise en application) de trancher la question du *contracting-out*, c'est-à-dire de décider si les ouvriers accepteraient les conditions fixées par la loi, ou concluraient, comme la loi leur en donne le droit, des accords particuliers avec les patrons, sous le contrôle des agents chargés de la surveillance des sociétés de secours mutuels. Ces discussions ont été quelque peu confuses, mais, en tout cas, elle n'ont nulle part, à notre connaissance, mis au jour des chiffres supérieurs à 1 1/2 penny par tonne.

existait en Angleterre avec ce qui se passe sur le continent, pour le capital engagé dans les houillères. D'après ces calculs, ce capital ne dépassait pas 7 francs par tonne annuelle, alors qu'en France il était de 30 francs. Nous ne croyons pas qu'il y ait beaucoup à changer à la situation respective des houillères des deux pays en ce qui concerne les immobilisations. Voici, par exemple, la Cie « Albion ». Nous la choisissons parce qu'elle a été citée, au cours de plusieurs discussions, comme étant *over-capitalised*, comme ayant un capital trop fort à desservir. Ce capital se répartit ainsi : actions, 220.000 £ ; obligations, 55.000 £; total, 275.000 £ = 6.875.000 francs. Les titres sont cotés à peu près au pair. Or la production annuelle est de 500.000 tonnes, soit une immobilisation de 13 francs par tonne. Il faudrait presque tripler ce chiffre pour arriver à celui qui mesure le capital desservi par les houillères françaises. Une marge très faible entre le prix de vente et le prix de revient suffit donc pour distribuer des dividendes assez appréciables; au reste, les chiffres suivants, relatifs à quelques-uns des plus importants parmi les charbonnages associés en sont un exemple.

RÉSULTATS DU DERNIER EXERCICE.

NOMS DES ENTREPRISES	CAPITAL actions (*) £	BÉNÉFICE p. 100 au capital actions	DIVIDENDE aux actions £	DIVIDENDE par tonne	EXTRACTION (tonnes)
North Navigation..	400.000	1,3/4	7.076	1 d. 2/3	1.000.000
Penrikyber.......	150.000	3,3	5.064	3 d. 1/3	350.000
Great Western....	250.000	7,5	18.963	6 d. 2/3	700.000
D. Davis and sons.	450.000	2,4	11.372	1 d. 4/5	1.500.000
Albion...........	220.000	7,5	18.883	9 d.	500.000

(*) Ces chiffres sont les capitaux nominaux ; mais, si l'on s'en tenait au capital réellement desservi, c'est-à-dire aux dépenses réelles de

Nous n'avons pas porté sur le présent tableau le capital obligations, qui reçoit à peu près partout 5 à 6 p. 100. Cette considération s'ajoute à celle des chiffres ci-dessus pour montrer qu'un bénéfice assez faible par tonne suffit pour assurer la rémunération du capital, mais on voit aussi qu'une très faible baisse du prix de vente au-dessous des prix de 1897 amènerait la suppression complète de tout dividende, si elle n'était compensée, au moins en partie, par une baisse correspondante du prix de revient.

Ces quelques observations font comprendre l'acharnement avec lequel les propriétaires associés ont lutté. La baisse du prix de revient, en prévision de la baisse possible des prix de vente, leur est apparue comme une nécessité impérieuse, sous peine de voir disparaître tout profit.

Cette crainte de voir baisser les prix de vente nous paraît être assez fondée. Pour la comprendre, il faut songer à l'importance considérable des exportations du Pays de Galles. Sur 35 millions de tonnes qu'exporte l'Angleterre, près de la moité provient du Pays de Galles, et le rayon d'exportation est immense. Or l'Amérique et l'Australie développent leur production de manière à devenir des concurrents redoutables. L'Asie ne tardera peut-être pas à marcher dans cette voie. Les Etats d'Europe font, ces années-ci, des efforts considérables pour augmenter leurs ressources. Le jour, où, ces progrès étant acquis, la demande diminuera, les charbons anglais pourront bien être refoulés, et le Pays de Galles sera le plus atteint par cette réaction. C'est donc être simplement sage, croyons-nous, que d'admettre pour les années à venir une baisse des charbons anglais.

---

premier établissement, on trouverait probablement des chiffres plus bas encore. Ces dépenses se réduisent en général à celles que nécessitent le fonçage, d'ailleurs facile, des puits, et leur équipement, mais sans autres travaux au stérile.

Mais ce qui est frappant, c'est l'obstination avec laquelle, jusqu'à présent, les patrons anglais ont voulu faire supporter à peu près exclusivement aux salaires cette baisse probable. C'est le point caractéristique, et, croyons-nous, le point faible de l'argumentation des patrons du Pays de Galles. Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent se comprend. On comprend même qu'aux raisons que nous venons d'exposer, les patrons pourraient en ajouter une, qu'ils n'ont pas voulu énoncer : le désir de donner à leurs ouvriers une sévère leçon. Fatigués, mécontents de l'irrégularité du travail dans leurs mines, de l'augmentation des frais généraux qui en résulte, des perpétuelles menaces de conflit qui se produisent depuis 1890, ils ont voulu prouver, en soutenant une lutte sans merci, qu'ils préféraient cette lutte à l'état de conflit latent et coûteux où ils se trouvaient, par suite du mauvais vouloir et du mécontentement de leurs ouvriers ; qu'en un mot, ils n'hésitaient pas à tenir la maison fermée pour y rester les maîtres. Ils n'ont fait, en cela, qu'imiter l'exemple donné avant eux par bien d'autres Syndicats patronaux. Mais, à côté de cette obstination, font-ils des efforts pour améliorer leurs prix de revient autrement qu'en abaissant les salaires? Sentons-nous, comme compensation de l'effort exigé des ouvriers, l'effort de la part des patrons ? C'est un Anglais qui va nous répondre. « Les propriétaires du Pays de « Galles », dit le professeur Galloway (*), « se sont reposés « uniquement sur la qualité réputée de leurs charbons « de navigation... Ils ont dédaigné les perfectionnements « récents de l'art des mines qui ont été, au contraire, « suivis et adoptés d'une manière large et intelligente « en Allemagne, en France, en Amérique. » Et plus loin : « En Angleterre... on s'attache à extraire le plus de

(*) Extrait du *South Wales Daily News*, et traduit pour le *Bulletin de l'Assoc. des Anciens Élèves de l'École des Mines* par M. l'ingénieur en chef Sauvage.

« houille possible et à ne faire dépendre l'abaissement du « prix de revient que du fort tonnage extrait. On fait « un grossier triage du gros et du menu, et on vend ces « deux classes de produits bruts sans autre préparation. « On installe très souvent des matériels démodés rencon- « trés d'occasion, lorsqu'ils paraissent coûter moins cher « de premier établissement. C'est ce qu'on appelle réa- « liser des économies. — On condamne les nouvelles « machines et leur application ; on les rejette dédaigneu- « sement comme de coûteuses fantaisies (*). »

Ces appréciations pessimistes laissent la place à quelques honorables exceptions, et M. Galloway en sait quelque chose ; ce n'est pas seulement par des articles de journaux, mais tout à la fois par son enseignement et par ses actes, que le distingué professeur lutte contre les tendances blâmables de ses compatriotes. Mais ces tendances, contre lesquelles les esprits éclairés s'élèvent avec la dernière énergie, sont encore victorieuses chez la majorité des exploitants anglais. Ce sont elles qui paraissent avoir dominé les patrons du Pays de Galles, et il faut avouer qu'à nos yeux leur cause y perd beaucoup.

(*) Ce que nous citons concorde assez nettement avec les chiffres des statistiques. Alors que, dans tous les pays d'Europe, la production annuelle par ouvrier a augmenté, au cours des vingt ou trente dernières années, de plus de 20 p. 100 par dix ans pour la France, la Belgique et la Prusse, elle n'augmente que de 14 p. 100 en dix ans pour l'Angleterre (*Rapport sur l'industrie houillère belge en* 1895, par Harzé). — Il y a même plus. Un tableau, dressé par M. Vuillemin en 1867, donne pour la production annuelle par ouvrier, fond et jour, à cette époque, en Angleterre, 315 tonnes. Or la moyenne, de 1881 à 1890, d'après M. Harzé, est de 314 tonnes ; et la moyenne donnée par M. Le Neve Foster pour 1896 est 294 tonnes (273 pour le Pays de Galles). Ces chiffres ne sont probablement pas dressés tous de la même manière ; de plus, ils sont affectés par certaines circonstances étrangères aux conditions techniques de l'exploitation (grèves). Ils semblent indiquer cependant un état stationnaire de l'industrie houillère anglaise.

Ainsi, d'une part, une masse assez compacte d'ouvriers, mécontents de leurs salaires actuels, inquiets, avec beaucoup plus de raison, de leurs salaires futurs, mais, en somme, d'un niveau professionnel peu élevé, et dénués de ressources ; d'autre part, un groupe de patrons, riches, puissants, disposant de réserves solides, et disposés à faire tous les sacrifices pour imposer leur volonté, qui est de ne s'engager à rien et de rester libres de baisser les salaires comme ils l'entendront afin de vendre toujours de plus en plus et de ne pas vendre à perte : tels sont les deux partis en présence au début de cette longue lutte.

III

HISTORIQUE DE LA GRÈVE.

L'historique de la grève, à partir du 10 avril et jusqu'au 1er septembre, peut être résumé en quelques mots : échecs successifs de toutes les propositions que les délégués ouvriers, après maintes fausses manœuvres, présentent aux patrons, ces derniers persistant dans une attitude irréductible, d'abord sur les bases proposées le 11 avril, puis sur des bases nouvelles, affichées le 16 juillet et consacrant à bien peu de chose près le retour à l'agrément de 1892. L'exposé journalier des faits ne présenterait qu'un intérêt assez médiocre et serait très aride (*) ; nous croyons préférable de les condenser d'une manière succincte, en revenant ensuite en détail sur les faits les plus saillants.

Nous avons vu comment les patrons étaient représentés. Leur mode de représentation n'a pas varié pendant toute

(*) On trouvera cet historique détaillé dans mainte publication, notamment dans les circulaires du Comité central des Houillères de France.

la grève. Quant aux ouvriers, leurs organes véritables ont été les délégués, au nombre de 150 environ, nommés par les ouvriers de chaque mine dans des assemblées individuelles. Les comités faits et défaits au cours de la grève ont tous tenu de ces délégués la part d'autorité qui leur était dévolue.

Dans leur réunion du 7 avril, les ouvriers avaient nommé un *Comité provisoire* de 16 membres, qui comprenait, outre les anciens membres du Comité mixte, 5 délégués nouveaux. Ce Comité devait s'aboucher avec les patrons. La réunion eut lieu le 12, mais fut sans résultat ; elle se réduisit à un échange de vues sans portée, les délégués ouvriers ayant déclaré n'avoir pas de pleins pouvoirs.

Le 14, tandis que les patrons tenaient de leur côté une réunion dans laquelle ils décidaient de maintenir leur attitude, les délégués ouvriers avaient à Cardiff une conférence dans laquelle ils nommaient pour président M. John Williams, par 68 voix, contre 59 données à M. Abraham. Ils décidaient de se réunir de nouveau, le 18, après avoir consulté les ouvriers de chaque district, par un vote, sur la question des pleins pouvoirs.

Cette nouvelle réunion des délégués ouvriers marque peut-être le point le plus aigu de la lutte. N'ayant encore nullement souffert de la grève, excités par les réunions des jours précédents, voyant que les mines non associées ont accordé ce que leurs ouvriers leur demandaient, les grévistes font preuve d'une ardeur très vive. Par 74.648 voix contre 20.438, ils refusent de donner de pleins pouvoirs à leurs délégués. Par 62.714 contre 29.094, ils déclarent ne pas vouloir continuer le système de l'échelle mobile. Enfin 92 délégués sur 146 se prononcent pour demander une augmentation de 10 p. 100. On prenait en même temps des mesures en vue d'une grève de longue durée : on décidait d'envoyer de tous

côtés, en France, en Allemagne et jusqu'aux États-Unis, des émissaires chargés de recueillir des subsides.

Les résultats de cette délibération étaient transmis, le 19, par une lettre adressée au Comité patronal, qui répondait, le 23, par une fin de non-recevoir; la réponse était principalement motivée par l'absence de pleins pouvoirs.

Aucune négociation n'était donc possible dans ces conditions. Après bien des hésitations, et suivant les conseils que le Ministre de l'Intérieur, M. Ritchie, donnait aux grévistes par l'intermédiaire des députés ou des délégations qui, à plusieurs reprises, sollicitèrent son intervention, les ouvriers se décidèrent à satisfaire en partie à la demande des patrons; les 16 et 17 mai, les délégués ouvriers consultent leurs mandants et reviennent avec cette solution : pleins pouvoirs accordés non pas au Comité provisoire, mais à 50 délégués choisis et chargés de contrôler et d'inspirer le Comité provisoire. Cette solution bâtarde déplaît aux patrons, qui se trouvent seulement en présence d'un Comité obligé d'aller à chaque instant soumettre les points en discussion aux 50 membres de la Commission du premier degré. Aussi, une lettre écrite le 18 mai pour demander aux patrons une conférence est accueillie par un refus, daté du 21 mai.

Le 26 mai, les délégués ouvriers réunis à Cardiff finissent par tomber d'accord sur l'attribution des pleins pouvoirs. C'est, en quelque sorte, la fin de la première phase, — la première défaite des ouvriers. — On ne reviendra plus sur cette question des pleins pouvoirs, qui ne seront plus contestés par la suite.

Mais ceux qui croyaient la grève finie se trompaient, car les deux conférences mixtes tenues les 31 mai et 4 juin n'aboutirent pas, non plus que celle du 11 juin, les patrons s'en tenant finalement, et après de longues discussions, aux termes de leur affiche du 11 avril. Les délégués se

trouvaient en effet plus décidés que jamais à rejeter l'échelle mobile. Ils formulaient, en somme, les mêmes revendications qu'au début de la grève, en réduisant l'augmentation demandée à 5 p. 100. Les patrons ne cédèrent pas.

En présence de cette attitude, l'irritation commence à s'accentuer, et elle se traduit par des manifestations et des voies de fait, si bien que le Gouvernement, sollicité de toutes parts, finit par faire connaître qu'il nommera un arbitre si l'une des parties le demande. Le Comité ouvrier s'empresse de saisir la balle au bond : le 27 juin, il adresse à M. Ritchie une demande à cet effet ; et, dans les premiers jours de juillet, l'arbitre, Sir Edward Fry, est nommé.

On sait l'échec piteux de cette tentative d'arbitrage : le Comité patronal refuse d'admettre l'intervention de l'arbitre, qui en est réduit à donner aux ouvriers des conseils conciliants. Ces conseils sont suivis d'effet : sur la demande du Comité ouvrier, une nouvelle conférence a lieu le 16 juillet ; mais le Comité ouvrier, tout en déclarant accepter le principe de l'échelle mobile, demande l'institution d'un minimum et d'un tiers arbitre.

Les patrons opposent alors un refus tout aussi catégorique que par le passé ; mais, pour la première fois depuis plus de trois mois, ils modifient leurs propositions, et, par une affiche apposée le 16 juillet, ils proposent de revenir à l'ancienne échelle, d'accorder 5 p. 100 d'augmentation immédiate, mais de supprimer le Mabon's day.

Ces propositions soulèvent l'opposition absolue des ouvriers, qui reviennent en arrière ; et, dans une réunion tenue par les délégués ouvriers le 18 juillet, on décide de rejeter le système de l'échelle mobile et de maintenir toutes les anciennes propositions. Cette décision est portée, le 26 juillet, à la connaissance des patrons, qui répondent par un refus.

Ainsi l'on était à peu près revenu au point de départ. quatre mois après le début des hostilités.

Le mois d'août s'écoula presque entier sans négociations; du reste, l'attitude des patrons ne permettait guère de négociations proprement dites, puisque les sept tentatives d'accord s'étaient toutes terminées par un refus des patrons de concéder quoi que ce soit. Dans ces conditions, les ouvriers n'avaient le choix qu'entre deux alternatives: résister sans négocier, ou se soumettre. Peu à peu leurs dernières espérances disparaissaient. La médiation de l'évêque de Hereford était rejetée, comme celle de Sir Edward Fry, par les patrons. Un fléchissement momentané de l'armée patronale (pourparlers entamés vers le 10 août entre un charbonnage associé et ses ouvriers) soulevait de la part des associés de telles protestations que le déserteur devait rejoindre les rangs de ses coassociés, rangs plus serrés que jamais. Enfin, — fait plus grave, — les fournisseurs se déclaraient hors d'état de faire plus longtemps crédit aux grévistes.

C'était la fin. Le 25 août, les délégués décidaient de demander une nouvelle conférence, qui avait lieu le 27. Après une escarmouche au sujet du Mabon's day, une dernière conférence, le 1er septembre, consacrait la défaite des ouvriers, obligés de revenir au travail sous le régime de l'accord de 1892, avec des satisfactions de pure forme et la suppression du Mabon's day.

Il convient, avant de passer à la dernière partie de cette note, d'examiner en détail les nouvelles conditions. Les voici textuellement :

1° Il est entendu que le travail sera repris aux mines associées, le 1er septembre 1898 et jours suivants, aux conditions ci-dessous :

2° Les clauses et conditions du « Sliding Scale agreement », connues sous le nom de « Old Scale », qui s'est terminé le 31 mars dernier, avec la clause n° 3 de

l'accord du 17 février 1893 (*), formeront les bases d'un nouvel accord qui sera en vigueur jusqu'au 1er janvier 1903 et pourra prendre fin après un préavis de six mois donné, d'une part ou de l'autre, le 1er juillet 1902, le 1er janvier 1903, ou l'un quelconque des 1er juillet ou 1er janvier suivants;

3° Le congé mensuel dit « Mabon's day » sera aboli; aucun autre congé de même nature ne sera admis;

4° Les salaires payés jusqu'au 30 novembre 1898 seront à 17 1/2 p. 100 au-dessus du standard de décembre 1879;

5° Un examen des prix de vente sera fait pour les deux mois finissant le 31 octobre 1898, pour régler les salaires à partir du 1er décembre 1898, conformément à la clause 12 de l'accord de 1892;

6° Si, après le 1er septembre 1899, les patrons, par application du présent contrat, ramènent les salaires à un taux inférieur à 12 1/2 p. 100 au-dessus du standard de 1879, les ouvriers auront le droit de donner un préavis de six mois en vue de résilier l'accord le 1er janvier ou le 1er juillet suivant, conformément à la clause 2 de cet accord.

On remarquera que les clauses 4 et 6, qui sont les seules concessions faites aux ouvriers, sont des compensations bien minces à des pertes d'un ordre bien autrement sérieux. En effet la clause 4 donne aux ouvriers une augmentation de 5 p. 100 pendant trois mois. Pour apprécier cette augmentation, il faut se demander si, abstraction faite de la grève, le jeu naturel des prix n'aurait pas conduit à la faire accorder. Les prix de février et mars avaient monté de manière à faire relever les salaires de mai et juin à 3,16 p. 100 au-dessus des salaires du mois

(*) Clause relative à la prise en compte des prix de l'anthracite. Voir plus haut.

de mars. Rien ne prouve que les prix auraient baissé; au contraire.

La clause 6 est tout simplement le droit donné aux ouvriers de recommencer, dans deux ans, la grève d'aujourd'hui, si le cœur leur en dit. Il est vrai que, au cas où les salaires ne baisseraient pas au-dessous du taux de mars 1898, ils n'auront ce droit qu'à partir du 1er janvier 1903 (clause 2). Autrement dit, l'accord doit être en vigueur pendant quatre ans et quatre mois! C'est la plus longue période d'engagement à laquelle les ouvriers aient consenti depuis 1887.

En outre, le Mabon's day est aboli sans compensation. On devine les déplorables habitudes et les abus que révélait une pareille coutume. Il est certain que cette clause a été l'une des pertes les plus sensibles aux ouvriers, l'une des conquêtes les plus chères faites par les patrons. On le comprend facilement du côté de ces derniers : c'est, après tout, une économie de 4 p. 100 sur les frais généraux. Quant aux ouvriers, ils se plaignent amèrement que la suppression du Mabon's day leur enlève tout le temps dont ils avaient besoin pour discuter leurs intérêts. A voir leur défaut d'organisation, la pauvreté de leurs ressources et leur complète défaite, on peut les consoler en leur disant que vraiment cette journée de congé, qui ne se défendait par aucune raison sérieuse autre que celle de leur donner le temps de s'organiser, a été, dans le passé, bien mal utilisée.

Arrivé au terme de ce bref exposé, nous voudrions chercher à répondre aux questions que le lecteur ne manquera pas de se poser. Comment une pareille masse d'hommes a-t-elle pu, pendant cinq mois, résister au chômage? Comment les moyens dont elle pouvait se servir ont-ils successivement échoué? Quel est enfin le bilan social, politique et financier de cette terrible crise?

Le nombre d'ouvriers mineurs de tout âge occupés dans les houillères du Pays de Galles, tant au fond qu'à la surface, est d'environ 130.000, dont 10.000 à 12.000 enfants âgés de moins de seize ans. Le nombre des grévistes a varié, entre le mois d'avril et le mois de septembre, entre 85.000 et 100.000.

Ces ouvriers n'ont pas été les seuls atteints par le chômage. Les ouvriers des chemins de fer, des docks, etc., ont également eu à souffrir ; de sorte que le personnel privé de travail a été, à peu près pendant toute la durée de la grève, de 100.000 au moins. Si l'on tient compte des femmes et des enfants, c'est 200.000 à 300.000 personnes qui ont eu à chercher des ressources ailleurs.

Le travail hors des mines leur en a donné, mais très peu. Les municipalités ont ouvert quelques chantiers : elles ont profité de ce que c'était alors la belle saison, pour faire exécuter quelques travaux et ouvrir dans ce but des sortes d'ateliers communaux. Mais c'était bien peu de chose.

C'est principalement aux souscriptions des uns, à la sympathie et à la patience des autres, que les mineurs ont eu recours.

Dès le 18 avril, à la suite de la réunion que nous avons citée plus haut, les ouvriers adressèrent aux journaux un long plaidoyer en leur faveur, en vue de s'attirer les sympathies publiques. Ils terminaient en disant : « Nous sommes « absolument sans ressources. Il y a bien quelques Unions « de peu d'importance, mais la masse des ouvriers est « en dehors d'elles, et elles-mêmes n'ont pas de ré- « serves... Nous faisons donc un appel urgent en vue « d'une réponse immédiate et généreuse. »

A la même réunion, on décidait, par 78 voix sur 101 délégués, que les ouvriers travaillant aux charbonnages non associés contribueraient au fonds commun pour la totalité des augmentations qu'ils obtiendraient.

Enfin on désignait des délégués chargés d'aller recueillir des fonds en Angleterre et à l'étranger. Comme on peut bien le penser, les ressources recueillies à l'étranger furent à peu près nulles (*). Mais la propagande faite en Angleterre fut très efficace.

Les fonds affluèrent au bout de peu de jours, et les souscriptions en argent atteignirent bientôt une moyenne de 7.000 livres par semaine, soit 25.000 francs par jour. Elles se maintinrent à ce taux jusqu'aux derniers jours de la grève : nous avons sous les yeux des souscriptions recueillies les 27, 29 et 30 août : elles dépassent toutes 1.000 livres. Le Comité ouvrier constatait, le 26 août, que le montant total des sommes recueillies jusqu'à cette date dépassait 100.000 livres (2.500.000 francs).

L'origine de ces sommes demande à être expliquée.

Au premier rang parmi les souscripteurs figure la Fédération des Mineurs de Grande-Bretagne, qui a régulièrement donné 500 livres, puis 600 livres par semaine au fonds de secours, depuis le début de la grève. Cette puissante organisation, qui englobe près de 200.000 mineurs et étend son influence sur un nombre plus grand encore, verrait un grand intérêt à ce que les mineurs du Pays de Galles se joignent à elle, et depuis sa fondation (1889) elle n'a cessé de leur donner des encouragements et de les pousser à la suppression de l'échelle mobile. L'agitation de 1892 a été en grande partie son œuvre ; nombre de personnes en disent autant de la grève de 1898, bien que la Fédération ait pris soin de ne pas paraître officiellement; son chef notamment, M. Pickard, député aux Communes, n'a voulu, à aucun moment, prendre une part

(*) Il faut citer toutefois des sommes assez importantes recueillies à Vienne, où M. Abraham se rendit pendant la grève, pour assister au Congrès international des Mineurs.

On raconte même, à ce sujet, un incident piquant Le député gallois serait monté sur une table et aurait chanté un chant gallois pour remercier les donateurs. On sait que les chants nationaux en langue galloise sont renommés.

quelconque au mouvement, en assistant, par exemple, à des réunions. Il laissait ce soin à M. Brace, son lieutenant, qui fut, d'ailleurs, assez maltraité par les ouvriers au début de la grève.

A côté de la Fédération figurent, sur les listes, un certain nombre d'Unions de Mineurs d'Écosse, ou du Centre, qui, de temps en temps, contribuent à la souscription pour 50, 100, 200 livres. Puis, des Unions d'ouvriers autres que les mineurs, des ouvriers d'entreprises déterminées, tels que les ouvriers de l'arsenal de Woolwich, fournissent des fonds. Ce n'est pas là seulement sympathie et charité : c'est le résultat évident d'une entente destinée à amener les mineurs gallois à se constituer en Unions, en leur faisant toucher du doigt les bienfaits de ces organisations.

Mais ces souscriptions sont loin de former la part la plus importante des sommes versées. Ce sont les ouvriers des charbonnages non associés qui y contribuent pour la plus large part.

L'Association des Propriétaires de mines de houille englobait, avons-nous dit, au début de la grève, 186 charbonnages, sur 439 qui figurent sur la liste officielle des charbonnages du Sud-Ouest, soit 42 p. 100 du total. Or les associés correspondent à une production de plus de 80 p. 100 du total. C'est dire que les charbonnages non associés sont, à quelques exceptions près, outre les mines arrêtées ou sans extraction notable, de petites entreprises, vivant au jour le jour, n'ayant pas de contrats de longue durée, et qui se sont, par conséquent, trouvées, du fait de la grève, en mesure de réaliser d'énormes bénéfices en vendant leurs charbons aux prix qui ont été enregistrés pendant cette période et qui ont été doubles ou triples des prix habituels. Ces mines n'ont donc fait aucune difficulté pour accorder aux ouvriers les augmentations qu'ils demandaient.

Nous avons dit qu'il y avait, exceptionnellement, quelques gros charbonnages non associés. Les plus importants étaient les « Cambrian Collieries », qui représentaient, en temps ordinaire, une extraction de plus de 20.000 tonnes par semaine; il faut y joindre les « Naval », qui font 8.000 à 10.000 tonnes, et quelques autres. Les « Cambrian » méritent une mention particulière. L'un de leurs directeurs est M. D.-A. Thomas, l'auteur du projet de Syndicat de vente dont nous avons parlé plus haut. M. Thomas, qui est député aux Communes et qui paraît jouir dans le district d'une situation politique assez en vue, a été, pendant toute cette grève, en fait, le chef des non associés, et il a joué un rôle assez bizarre ; dans les nombreuses réunions auxquelles il a pris part, il s'est répandu en lamentations sur les malheurs que la grève déchaînait et n'a cessé, en même temps, de donner raison aux grévistes, en expliquant que seule la limitation de la production pouvait écarter de tels maux. Il se déclare très partisan du Syndicat de vente et du minimum, et félicite ses ouvriers du concours qu'ils prêtent à leurs camarades. Ce concours est, en effet, puissant. A dater du 18 avril, les « Cambrian Collieries » ont rouvert leurs puits pour travailler à double poste jusqu'à la fin de la grève. Leur extraction journalière, d'abord de 4.000 tonnes, a atteint 8.000 tonnes au mois d'août. Les ouvriers reçoivent d'abord une augmentation de 10 p. 100, puis, en juin, une nouvelle augmentation de 10 p. 100, qui porte leurs salaires à 32 1/2 p. 100 au-dessus du salaire type. M. Thomas pousse le dévouement à la cause ouvrière jusqu'à proposer de faire faire par les comptables de la Compagnie la retenue de la totalité de l'augmentation et son versement au fonds de secours. Les chefs ouvriers, M. John Williams en tête, n'ont pas assez d'éloges pour la conduite de M. Thomas, et le défendent contre les détracteurs, qui ne manquent pas. Les mauvaises langues

font remarquer, en effet, que, tandis qu'aux mines de M. Thomas on embauche un nombre d'ouvriers tel qu'il n'y a pas assez de travail, qu'on se bat pour avoir des wagons vides, et que les mineurs ne se font pas plus de 2 à 3 schellings par jour, les propriétaires de la mine vendent leur charbon 25 schellings la tonne, ce qui, nonobstant une augmentation de 10 et même de 20 p. 100 des salaires, leur laisse des bénéfices qui ne peuvent leur faire désirer la fin de la grève.

Quoi qu'il en soit, on peut dire que ce sont surtout des ouvriers des charbonnages non associés qui ont soutenu la grève. Si, en effet, l'on réfléchit que pendant toute cette période ils ont occupé au moins 20.000 ouvriers, et que chacun de ces ouvriers a versé en moyenne 15 p. 100 de son salaire, on arriverait, en partant du chiffre de 1 livre par semaine et par ouvrier, à bien près de 60.000 livres. Ce calcul sommaire est vérifié par la constatation des sommes versées chaque jour, et dont les journaux donnent régulièrement le détail.

Mais il est clair que ces sommes, qui représentent à peine 0 fr. 25 par jour et par gréviste, n'auraient pas été suffisantes pour assurer la subsistance des familles.

Le complément a été fourni, tout d'abord, par la taxe des pauvres. Non que la loi permette de secourir des grévistes sur ces fonds ; mais leurs familles pouvaient être secourues et l'ont été assez largement. Ce qui est assez remarquable, c'est que ces secours proviennent d'une taxe payée sur la propriété foncière ; or cette propriété, et notamment les maisons ouvrières, appartient pour une grande partie aux Compagnies houillères. De ce côté encore, par conséquent, ce sont elles qui ont payé les frais de la grève.

Outre les secours en argent, des secours en nature, consistant surtout en soupes distribuées aux enfants, ont été donnés dans nombre de communes, où des dons cha-

ritables et les fonds de la taxe des pauvres y pourvoyaient. Enfin il faut tenir compte non seulement des secours donnés aux ouvriers sous forme matérielle, mais aussi des dettes qu'on n'exigeait pas. Les Compagnies n'ont pas voulu expulser les ouvriers des maisons dont ces derniers étaient locataires à raison de 5 schellings environ par semaine. Ces loyers sont restés impayés pendant la majeure partie de la grève. C'est là, en réalité, un secours important. D'autre part, — et ceci paraît avoir joué un grand rôle, — les marchands de comestibles ont montré une longanimité qui, il est vrai, était peut-être la meilleure attitude à prendre, mais qui en aura conduit un bon nombre à un état voisin de la ruine. Dès le début de la grève, ils se répandent en plaintes dans les journaux, faisant remarquer qu'une pareille grève, venant après une période de bas salaires, sera désastreuse pour eux. Leur situation, à eux qui n'ont pas voix au chapitre, qui perdront leur clientèle s'ils se montrent inflexibles et qui perdront leur argent s'ils font crédit, excite la pitié de tout le monde. Après avoir fait vainement appel aux pouvoirs publics, ils finissent par envoyer, le 27 août, une députation à Sir W.-T. Lewis, pour expliquer à ce dernier que, menacés de faillite, ils vont se voir tous obligés de couper les vivres aux ouvriers. Cette déclaration, qui a eu beaucoup de retentissement, a certainement contribué à terminer la grève ; il est fâcheux qu'elle n'ait pas été faite plus tôt.

On s'explique maintenant comment les ouvriers ont résisté. Ils ont vécu un peu de leurs économies et par conséquent de ce qui aurait pu leur constituer des pensions de vieillesse, un peu des économies des autres, de la longanimité et de la charité des personnes étrangères à l'industrie, et surtout de la division des patrons.

Mais alors une autre question se pose. Comment se peut-il qu'une résistance de cinq mois n'ait servi à rien,

que pas une concession, si minime soit-elle, n'ait été, en somme, arrachée aux patrons ?

Pour le comprendre, il suffit de reprendre, avec un peu plus de détail, l'historique dont nous n'avons donné que le résumé. On constate alors que, pour employer une expression banale, mais typique, les ouvriers ne savaient pas ce qu'ils voulaient.

Dans un des journaux qui parurent au commencement de la grève, une caricature représentait M. Abraham Mabon, en costume de général, scrutant l'horizon avec une longue-vue. Auprès de lui un aide de camp arrivant au galop. Au loin, dans le ciel, des éclats de projectiles. Et Mabon de s'écrier : « Où est notre armée ? Quelqu'un a-t-il vu notre armée ? » — « Général, répond l'aide de camp, j'ai vu dans les journaux qu'elle est allée au combat l'autre jour. »

La débandade, tel a été le seul mot d'ordre au début de la grève. Les ouvriers se déclaraient mécontents du système actuel, plus mécontents encore de leurs élus, qui soutenaient ce système ; leurs réclamations étaient dominées par cette proposition : Plus d'échelle mobile et foin de ceux qui la défendent !

Dans ces conditions, l'union compacte sur une proposition positive était assez difficile. Seule, la question du minimum se posait nettement et s'est posée tout le temps. Mais elle n'était posée qu'avec une série d'autres revendications inégalement et mollement soutenues, qui, par moments, la noyaient. Les demandes d'augmentations de salaires, notamment, ont été, au début, si variées et si flottantes que les meneurs eux-mêmes ne savaient que proposer. — Au reste, après les premiers incidents, au cours desquels les anciens chefs, et notamment MM. Abraham et Brace, étaient laissés de côté, lorsque, par l'autorité qui s'attachait à leurs qualités, ces anciens chefs reprirent en fait la direction des négociations, ce fut avec une lassi-

tude et un découragement qui perçaient, et, du côté des ouvriers, avec une confiance toujours hésitante. C'est seulement, nous l'avons vu, le 26 mai, — près de deux mois après le commencement de la grève, — que, sous la pression des patrons d'une part, sur les conseils du Gouvernement d'autre part, les pleins pouvoirs furent accordés au Comité provisoire. Mais c'était à regret ; on le vit bien à la suite de la conférence du 16 juillet ; les délégués désavouèrent leurs mandataires, qui avaient admis le retour à l'échelle mobile, et ils les obligèrent à faire, le 26 juillet, des propositions contraires.

Sans doute, dira-t-on, ces propositions étaient bien les mêmes qu'au début : pas d'échelle mobile, un conseil de conciliation, un arbitre, etc. — Mais ce qui est au moins étonnant, c'est que les ouvriers n'aient trouvé finalement parmi eux, pour défendre ce système, que leurs anciens chefs, ceux auxquels ils se sont trouvés obligés de revenir, bien qu'ils fussent notoirement partisans d'un système opposé. — Leur cause était peut-être mieux définie qu'elle ne paraissait ; mais ils n'ont pu trouver, pendant toute la grève, personne ayant tout ensemble la foi en cette cause et l'habileté, ainsi que l'autorité, nécessaires pour la défendre.

Ainsi, si les points importants du programme des ouvriers ont été si mal défendus, c'est que ceux qui étaient chargés de les défendre ne le faisaient que mollement.

Il est pourtant un point sur lequel les ouvriers ont obtenu satisfaction, sans résultat pratique, il est vrai : c'est en ce qui concerne l'arbitrage.

Au fond, si l'on y regarde de près, et malgré les apparences, l'arbitre tant demandé par les ouvriers était précisément cet avocat qui manquait à leur cause. Quand, dans un conflit, une partie demande un arbitre, c'est qu'elle est convaincue que cet arbitre sera pour elle. — Ne trouvant pas, parmi ceux en qui jusqu'à présent ils avaient

mis leur confiance, le défenseur qu'ils cherchaient, les ouvriers insistaient pour que ce défenseur vînt du dehors.

Il existe depuis longtemps, dans la législation anglaise, des dispositions réglant les formes de l'arbitrage dans les questions controversées entre patrons et ouvriers, mais il s'agit, bien entendu, de l'arbitrage accepté par toutes les parties. Il ne manque pas, par contre, de personnes pour demander l'arbitrage obligatoire, — si l'on peut associer ainsi deux termes aussi contradictoires. — Prenant un moyen terme, le Gouvernement a proposé et fait adopter, en 1896, une loi sur la conciliation dans les différends industriels, qui donne au président du Board of Trade divers pouvoirs en cas de conflits entre patrons et ouvriers, à savoir : 1° le pouvoir de désigner une personne chargée de faire une enquête ; 2° le pouvoir d'employer les moyens qui lui paraîtront convenables pour amener les deux parties ou leurs représentants à tenir, en vue d'un arrangement amiable, des conférences sous la présidence d'une personne désignée par lui ; 3° enfin le pouvoir, sur la demande de l'une *ou* l'autre partie, et après avoir examiné les moyens d'arriver à une entente, de nommer une personne devant agir comme médiateur, dans les conditions où agissent les conseils de conciliation.

Ces dispositions nouvelles ont été bien accueillies dans le monde ouvrier ; l'histoire de la grève du Pays de Galles devait montrer avec éclat à quel point elles sont illusoires.

Dès le début de la grève, l'idée de recourir à l'arbitrage de l'État fut mise en avant, et, à la réunion que tinrent le 14 avril les délégués ouvriers, plusieurs membres proposèrent de s'adresser au président du Board of Trade, M. Ritchie, afin de demander son intervention.

Cette idée fut reprise le 18 avril, mais le président de la réunion fit immédiatement remarquer que Sir Williams Lewis avait déclaré être prêt à refuser absolument l'intervention de qui que ce soit. Néanmoins la demande figura

dans la note publiée ce même jour par les ouvriers, en réponse à celle que les patrons avaient émise le 11 avril; on disait que les évaluations de salaires faites par les patrons étaient différentes de celles auxquelles arrivaient les ouvriers, et on en concluait la nécessité d'un arbitrage.

Le 24 avril, à la Chambre des Communes, Sir J.-T.-D. Llewellyn, député pour Swansea, s'adressant à M. Ritchie, lui demanda si le moment ne serait pas venu de faire faire l'enquête prévue par la loi de 1896. M. Ritchie répondit que, tout en suivant avec intérêt les faits de la grève du Pays de Galles, il croyait n'avoir rien à faire tant que les ouvriers n'auraient pas désigné des délégués munis de pleins pouvoirs.

Le 9 mai, une délégation composée de députés aux Communes et de maires de la région se rendit auprès de M. Ritchie, en lui demandant de nouveau son intervention. Ils reçurent la même réponse.

Aucune nouvelle démarche ne fut faite avant le 15 juin. Dans l'intervalle, les ouvriers avaient donné les pleins pouvoirs à leurs représentants. M. D. Thomas s'empresse de tirer parti de ce fait pour faire remarquer au Ministre, au cours d'une séance de la Chambre des Communes, que les ouvriers se sont conformés au conseil qui leur a été donné, et que, cependant, la grève dure toujours. Il insiste alors pour que le Gouvernement fasse jouer la loi de 1896.

M. Ritchie essaie de se dérober en exprimant tous les regrets et toute la peine que lui cause cette grève désastreuse, mais en faisant remarquer que ni les patrons ni les ouvriers ne se sont adressés à lui. M. Thomas saisit l'occasion et prie le Ministre de dire s'il interviendrait au cas où on lui en ferait la demande. Mis au pied du mur, M. Ritchie répond affirmativement. Il fait la même réponse, le 20, à une députation de conseillers municipaux. Finalement, il accorde à M. Abraham une entrevue.

Mais il ne se décide pas encore. Le 24 juin, une discussion longue et orageuse a lieu à la Chambre des Communes, et M. Abraham finit par arracher au Ministre la promesse de faire faire une enquête. Le Ministre se refuse toutefois absolument à promettre qu'il nommera un arbitre.

Il n'était pas difficile de comprendre les raisons de ces hésitations. La loi de 1896 était l'œuvre du Gouvernement actuellement au pouvoir. Il répugnait au Ministre de faire toucher du doigt les défauts capitaux de cette loi. Néanmoins il lui fallut céder à la pression des députés ouvriers ; on voit difficilement comment il aurait pu résister : en effet, le 28 juin, une députation du Comité provisoire se rendait auprès de lui et lui demandait formellement la nomination d'un médiateur. Jamais on n'aurait pu trouver un meilleur terrain pour l'application de la loi. Le Ministre se soumit, et, dès les premiers jours de juillet, il désigna, en la personne de Sir Edward Fry, ancien juge à la Haute-Cour, le médiateur tant demandé.

Sir William Lewis n'avait même pas attendu la désignation de Sir Edward Fry pour déclarer de nouveau qu'il refuserait toute intervention. D'autre part, M. Ritchie, en faisant connaître, le 30 juin, à M. Abraham, la décision qu'il avait prise, ne manquait pas de faire remarquer que l'arbitrage n'était pas obligatoire. L'issue de la tentative n'était donc pas douteuse. Néanmoins, Sir Edward Fry accepta la mission qui lui était confiée, et, le 5 juillet, il faisait connaître sa désignation par deux lettres adressées l'une au Comité patronal, l'autre au Comité ouvrier. Il rappelait qu'il était nommé pour faire une enquête et pour agir comme conciliateur et annonçait son intention de voir d'abord les ouvriers et ensuite les patrons. Ces derniers, par l'organe du secrétaire de leur Comité, envoyèrent immédiatement un accusé de réception pur et simple.

Le 9 au matin, Sir Edward Fry vit individuellement les principaux membres du Comité ouvrier, s'entretint avec eux et les renvoya au 13 juillet pour une conférence définitive. Puis, dans l'après-midi du même jour, il reçut Sir William Lewis, qu'il avait fait mander. L'entretien fut bref ; Sir Edward Fry le résume ainsi :

« Sir William Lewis, étant venu me voir, sur ma « demande, refuse de reconnaître ma mission de conci- « liateur et tient à spécifier qu'il n'est venu que par « politesse. Il ajoute que les patrons associés refusent « d'admettre l'intervention d'un conciliateur quelconque, « ou de toute autre personne désignée par le Gouverne- « ment ou autrement, et que lesdits patrons sont prêts « à recevoir les représentants désignés par les ouvriers, « mais hors de la présence du conciliateur. Je suis « autorisé à user comme bon me semble de cette décla- « ration. »

Sir Edward Fry communiqua le soir même le résultat de ses démarches à M. Ritchie, qui lui répondit en exprimant ses remerciements. « Je regrette, ajoutait-il, l'atti- « tude adoptée par Sir W. Lewis, mais je suis heureux « d'apprendre que vous ne vous considérez pas comme « dispensé par le fait même de continuer à faire vos « efforts pour obtenir une entente entre les parties. »

En effet, Sir Edward Fry n'abandonna pas la partie de suite. Comme il avait été convenu, il se rencontra, le 13 juillet, avec le Comité provisoire ouvrier et discuta avec lui les termes de la communication à faire aux patrons, communication qui aboutit à la conférence du 16 juillet. Certes les propositions élaborées par les ouvriers étaient conciliantes, et l'influence du médiateur s'était fait sentir dans un sens très louable. Les ouvriers déclaraient accepter le principe de la réglementation automatique des salaires par les prix de vente, sous la réserve que, au-dessous et au-dessus d'un certain taux

à fixer, un conseil de conciliation interviendrait. Ils se déclaraient prêts à déplacer le Mabon's day (on avait émis l'idée de le fixer au samedi, ce qui, surtout vu l'habitude anglaise de supprimer une demi-journée de travail le samedi, aurait eu beaucoup moins d'inconvénients), et à discuter le chiffre de l'augmentation immédiate.

Mais le Comité patronal, qui s'était en toute occasion déclaré prêt à discuter, montra une fois de plus comment il entendait la discussion : le jour même de la réunion, il faisait afficher ses propositions nouvelles, comportant : l'ancienne échelle, la suppression du Mabon's day, et une augmentation de 5 p. 100. Et il refusait absolument de discuter autre chose que ses propres propositions. Il est vrai que le Comité ouvrier, oubliant les termes de sa lettre, insistait sur la nécessité de l'intervention d'un arbitre dans le présent conflit.

Ce manquement des ouvriers aux engagements pris fit une impression assez défavorable, notamment sur Sir Edward Fry, qui, à partir de cette date, perdit toute confiance dans l'efficacité de ses conseils. Dans son rapport, envoyé au Ministère conformément à la loi et publié à la fin d'août, il explique que, à la suite des incidents des 16 et 18 juillet et des entretiens qu'il eut à cette époque avec les membres du Comité ouvrier, il comprit l'inutilité de ses efforts. Le meeting du 25 juillet, qui, sous l'impression causée par les nouvelles propositions des patrons, marqua un pas en arrière, le convainquit que le Comité n'avait ni ligne de conduite, ni chef, et que la plus grande incertitude régnait sur les intentions des ouvriers eux-mêmes. Il se tint néanmoins à la disposition des délégués ouvriers pendant le meeting du 25 ; ceux-ci l'ayant remercié, il partit. Son rôle était terminé ; il n'apparait plus qu'à la fin de la grève, et on le voit, le 31 août, télégraphier à M. Abraham pour lui

envoyer le conseil de faire accepter par les ouvriers les propositions des patrons.

Ainsi l'intervention du Board of Trade, dans les termes de la loi de 1896, se terminait par un échec, beaucoup plus dur que celui qui avait marqué la grève des mécaniciens, en novembre 1897.

Dans ce cas, en effet, une conférence avait été tenue sous les auspices du Board of Trade et avait discuté les propositions de ce dernier. Ici, rien de semblable. L'arbitrage, sur lequel les ouvriers avaient fondé tant d'espérances, n'avait pu avoir lieu, par suite du refus absolu des patrons.

Nous ne parlerons que pour mémoire de deux autres tentatives d'arbitrage qui eurent lieu. Quelques jours avant l'intervention de M. Ritchie, Lord Dunraven avait proposé sa médiation. Les circonstances firent qu'on n'eut même pas à lui répondre, la désignation de Sir Edward Fry l'ayant amené à s'effacer. — Au commencement d'août, et sous l'empire de la profonde pitié qu'inspiraient les misères causées par la grève, l'évêque de Hereford offrit son intervention. Elle fut rejetée par les patrons dans des termes courtois, mais nets. La proposition, comme le refus, produisit d'ailleurs très peu d'impression : on savait trop bien à quoi s'en tenir sur les intentions des patrons, et, depuis le 25 juillet, tout espoir de faire accepter à ces derniers l'intervention d'un arbitre était perdu.

Ce qui aidera encore à comprendre pourquoi les ouvriers se trouvaient, dans une certaine mesure, privés des armes dont ils eussent pu ailleurs disposer contre les patrons, c'est la séparation très nette qui existe entre les mineurs et les mécaniciens et chauffeurs (Voir la note de la p. 476 et suiv.). Travaillés énergiquement par les mineurs, les mécaniciens et chauffeurs menacèrent, dès le 27 avril, de se mettre en grève ou, du moins, ils tentèrent de profiter de la situation en demandant une augmentation de salaires. Une réunion de leurs délégués et du Comité patronal aboutit à un

accord. Deux mois plus tard, sous l'influence de l'exaspération qu'avait produite, dans les milieux ouvriers, l'envoi de troupes régulières pour maintenir l'ordre un instant compromis, les mécaniciens menacent, sérieusement cette fois, de quitter le travail. Plus ou moins bien inspiré, le Comité patronal riposte en déclarant qu'il réclamera, dans ce cas, l'application du *Conspiracy Act*, 1875, qui punit d'une amende de 20 livres au plus, ou d'un emprisonnement de trois mois au plus, avec ou sans travaux forcés, celui qui, en rompant un contrat de travail, cause sciemment des dangers ou des dommages à des personnes ou à des propriétés. Cette menace, ou plutôt la crainte de voir leur grève rendue inutile par la facilité que les Compagnies auraient eue pour faire conduire leurs machines par leurs employés, ou encore l'apaisement momentané produit par la nomination d'un arbitre, furent suivis d'effet. Les mécaniciens, dans une réunion tenue le 30 juin, et où 2.049 d'entre eux étaient représentés, décident de continuer le travail.

Enfin, au commencement d'août, nouvelle tentative faite auprès des mécaniciens ; d'un commun accord, et tout bien considéré, on décide de la laisser sans suite.

Il n'y a là d'ailleurs rien que de conforme aux habitudes anglaises en pareil cas, et une attitude opposée eût gravement compromis la cause des ouvriers dans l'opinion publique.

Le point par lequel les propriétaires de charbonnages restaient vulnérables, c'était le préjudice résultant pour eux du défaut d'entretien des travaux. La situation se trouvait, à cet égard, très inégale. Dans les charbonnages puissamment organisés, pourvus d'un personnel de surveillance nombreux et dévoué, l'entretien des galeries fut assuré par ce personnel, aidé des autres employés, — même des employés des bureaux ; — dans d'autres on put, pendant au moins une partie de la grève, maintenir

dans la mine quelques ouvriers qui travaillaient dans les conditions affichées par les patrons ; enfin, dans nombre d'exploitations, on dut se borner à entretenir les voies principales. Chacun fit comme il put, avec ses propres moyens, et la conséquence fut, comme toujours, que les mines munies d'un personnel dévoué se trouvèrent dans une situation favorable et purent être reprises le lendemain du jour de la cessation de la grève, tandis que celles où le personnel fut moins dévoué et moins habile, ne purent être remises en exploitation que quelques semaines après. — On cite même des quartiers qui n'ont pu être repris.

Les jours qui suivirent l'échec de l'arbitrage de Sir Edward Fry furent signalés, après l'excitation momentanée que produisirent les nouvelles propositions des patrons, par un découragement croissant. Les moyens sur lesquels les ouvriers avaient le plus compté se montraient sans effet. Les procédés extrêmes, les tentatives pour débaucher les mécaniciens, avaient échoué. La violence, il n'en fallait pas parler. — On en avait cependant essayé : au commencement de juin, des troubles très sérieux s'étaient produits. Cela avait commencé par des processions silencieuses de plusieurs centaines d'hommes autour des quelques rares mines associées où l'on travaillait. Peu à peu on avait jeté des pierres à la police et cassé des carreaux. La réponse ne s'était pas fait attendre : sollicité par le Conseil du Comté, chargé, en pareil cas, de la police et aussi de payer les vitres cassées (*), le président du Local Government Board avait fait envoyer aux points menacés de la cavalerie, et, entre temps, on avait arrêté et condamné à trois mois d'emprisonnement, avec *hard labour*, l'un des rares violents, M. D. Morgan, alderman,

(*) Un journal évalue à 800 livres (20.000 francs) les dégâts causés à la propriété par les grévistes.

(conseiller municipal), qui, pendant toute la grève, s'était distingué par ses attaques contre le Gouvernement. L'envoi des troupes produisit un effet considérable. Ostensiblement, les grévistes firent du retrait des troupes une question d'amour-propre ; au fond, on ne sait ce qui aurait pu arriver si on ne leur avait rappelé d'une manière tangible que l'on n'entendait pas les laisser sortir de la légalité. Au reste, les troupes furent vite retirées. Mais ç'avait été suffisant pour mettre fin aux tentatives violentes.

Il ne restait donc plus que la résistance à outrance. Le découragement commençait à gagner non seulement les ouvriers, mais aussi les patrons. Le 6 août, M. Markham, l'un des directeurs de l'importante entreprise « Tredegar Iron and Coal C^y^ » (qui faisait jusqu'alors partie de l'Association), recevait une délégation de ses ouvriers. Il s'agissait de 3.500 mineurs, nombre non négligeable. — M. Markham se montrait disposé à négocier avec les délégués sur les bases d'une échelle mobile et d'un minimum. Un meeting fut convoqué immédiatement parmi les ouvriers de cette Compagnie ; l'objet capital de la discussion fut le taux du minimum à demander, les uns proposant une livre par semaine, les autres 15 schellings seulement. Finalement, on décida de proposer un minimum basé sur le taux de 17 1/2 p. 100 au-dessus du salaire type. — La direction ayant, à la suite du meeting, proposé 10 p. 100, on ne put s'entendre, et la tentative échoua.

Le Comité patronal publia, le jour même (9 août), une déclaration par laquelle il affirmait de nouveau l'union de tous les membres associés. L'incident n'en avait pas moins produit une impression assez considérable ; il est possible qu'il ait eu pour effet de prolonger un peu la grève et aussi de déterminer les patrons à introduire dans leurs propositions de la fin d'août une apparence de satisfaction en ce qui concerne le minimum.

Du côté des ouvriers, le découragement était de plus

en plus marqué ; il finit par les vaincre, et le coup de grâce leur fut porté, nous l'avons dit, par la décision des fournisseurs de ne plus faire crédit. Ils furent, littéralement, pris par la famine.

IV

EFFETS DE LA GRÈVE. — CONCLUSIONS.

Lorsqu'on parle, dans un milieu français, d'une grève de 100.000 ouvriers pendant cinq mois, on s'imagine facilement un bouleversement inouï et durable, au point de vue social, politique et commercial. Sans doute, une pareille crise prend dans tous les cas les proportions d'une véritable calamité publique. En en indiquant, autant que nous le pourrons, les conséquences, nous arriverons peut-être à circonscrire l'étendue de ce bouleversement.

Dans le cours de la grève, et surtout lorsqu'elle a été terminée, on s'est livré, dans maintes publications, à des évaluations des sommes qu'avait coûtées la grève à la Grande-Bretagne. — Pour faire cette évaluation, on a totalisé les salaires et les bénéfices perdus par le Pays de Galles lui-même, les salaires des marins, etc. On a peut-être un peu trop oublié que ce qui fait le malheur de l'un fait quelquefois le bonheur des autres. Tout d'abord, si, sur le tonnage non extrait, les patrons n'ont fait aucun bénéfice, le tonnage extrait par les mines non associées (il est probable qu'il se monte à près du tiers du tonnage qui aurait pu être extrait, ce qui est loin d'être négligeable) a procuré des bénéfices considérables, puisqu'il a été vendu en partie à des prix presque doubles des prix usuels(*). D'autre part, ainsi que le montre le tableau comparatif des exportations des ports gallois et de l'en-

(*) Voir à l'appendice (p. 529) les prix pratiqués pendant la grève.

semble du Royaume, le vide produit par le chômage a été, pour une bonne part, comblé par les autres ports, c'est-à-dire que les autres bassins ont bénéficié dans une large mesure de l'augmentation de la demande, et ils ont aussi bénéficié de l'augmentation des prix. Le tonnage perdu sera d'ailleurs probablement en partie retrouvé pendant les mois qui suivront la fin de la grève : c'est ainsi que le total des exportations, pour les neuf premiers mois de 1898 et pour l'ensemble du Royaume-Uni, ressort à 26.255.872 tonnes (*), contre 27.705.539 tonnes en 1897, soit une baisse de 1.449.667 tonnes ; ou, pour être plus juste, en tenant compte de la progression probable, une diminution de 3 millions de tonnes. Les résultats du dernier trimestre permettront peut-être d'abaisser encore ce chiffre. C'est quelque chose sans doute, mais c'est moins qu'on ne l'a dit.

EXPORTATIONS PENDANT LES CINQ MOIS INTÉRESSÉS PAR LA GRÈVE.

	1896		1897	
	Ports Gallois.	Grande-Bretagne.	Ports Gallois.	Grande-Bretagne.
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Avril........	403.648	2.125.497	1.414.204	2.870.795
Mai..........	459.283	2.632.972	1.494.921	3.155.249
Juin.........	444.618	2.614.898	1.267.048	2.779.505
Juillet.......	479.079	2.634.223	1.570.701	3.449.000
Août.........	519.438	2.807.666	1.191.692	3.031.105

La conclusion à tirer de ces observations, c'est qu'il ne faudrait peut-être pas se hâter d'affirmer que les deux partis, épuisés par la lutte, sont très éloignés de la recommencer. La leçon a été dure pour les ouvriers, coûteuse pour les patrons, mais il se pourrait qu'elle ne fût pas

(*) Pour les dix premiers mois, la baisse n'est plus que de 1.374.416 tonnes.

suffisante, et que, sous une forme ou sous une autre, la lutte reprit un jour de plus belle.

Le préjudice durable causé au commerce des houilles du Pays de Galles par l'essor donné à la concurrence est peut-être plus sensible. On a beaucoup parlé et écrit, pendant la grève, au sujet de la supériorité des charbons du Pays de Galles, supériorité qui serait telle que pas un produit au monde ne pourrait les remplacer. C'est l'opinion exprimée par plus d'une personne compétente, et notamment celle sur laquelle M. D. Thomas s'appuie en toute occasion pour soutenir ses propositions en vue d'organiser un Syndicat de vente. Sans doute, cette opinion a quelque chose de fondé, et, en particulier, l'Amirauté anglaise s'est chargée de faire à ce point de vue une utile propagande aux charbons gallois, en déclarant, par l'organe du Ministre de la Marine, qu'elle ne pouvait faire les manœuvres d'automne en raison de la grève du Pays de Galles. En cherchant bien, on trouverait peut-être, à cette suppression des manœuvres, des raisons d'un ordre plus politique que technique. La vérité est que, si les charbons de Cardiff disparaissaient d'Europe, on les remplacerait encore assez aisément par des produits qui, comme les charbons d'Écosse, sont, sinon équivalents, du moins approchants, et on en ferait son deuil ; mais nous croyons aussi que le client européen obligé de s'approvisionner ailleurs reviendrait vite aux charbons de Cardiff, dès qu'il le pourrait ; autrement dit, nous ne croyons pas qu'une grève ou une hausse momentanée des prix puisse faire perdre dans l'avenir aux charbons de Cardiff leur clientèle européenne.

Nous disons « européenne ». C'est qu'en effet notre opinion n'est plus la même s'il s'agit du marché extra-européen. De ce côté, le commerce des houilles anglaises nous paraît gravement menacé, et un fait comme la récente grève est bien fait pour faire faire des pas de géant à la

concurrence étrangère, notamment à la concurrence américaine.

Voici comment se répartissent, d'après les renseignements fournis par le Board of Trade, les exportations des ports du Canal de Bristol (Cardiff, Newport, Swansea, Llanelly, Gloucester et Bristol) :

	1896 tonnes	1897 tonnes
1° Ports de la Baltique, de la mer du Nord, Islande.	672.692	796.626
2° France, littoral de la Méditerranée et mers adjacentes.	10.461.759	11.833.911
3° Côte occidentale d'Afrique.	382.188	337.825
4° Afrique anglaise (sud).	351.513	377.772
5° Côte orientale d'Afrique.	304.372	239.060
6° Inde continentale.	322.906	115.015
7° Iles et côtes orientales d'Asie.	573.425	574.091
8° Amérique anglaise du Nord, Etats-Unis, Atlantique, Antilles.	278.528	316.799
9° Brésil, Uruguay, République Argentine.	1.764.460	1.654.164
10° Pérou, Equateur, Chili, Bolivie, Côtes du Pacifique.	209.834	174.367
	15.326.677	16.419.630

Il n'est pas besoin d'être prophète pour prévoir la diminution de ces exportations en ce qui concerne l'Amérique, l'Asie et les îles Australiennes, chacune de ces contrées étant vraisemblablement appelée à se suffire à elle-même dans un avenir plus ou moins prochain. Au cours du séjour que nous avons fait en Angleterre, nous avons pu voir, en particulier, combien la concurrence américaine inquiète les exportateurs anglais. Pendant la grève du Pays de Galles, on observait avec inquiétude les embarquements

des charbons américains à destination de ports jusqu'alors approvisionnés uniquement par l'Angleterre. Sans parler des achats faits aux États-Unis pour des ports anglais (par exemple, un envoi de 18.000 tonnes fait à une maison de Londres pour les ports anglais, au commencement d'août), on signale journellement des arrivages de charbons américains au Brésil, à la Plata, etc. Le 18 août, on cite l'envoi de 5.000 tonnes à la Plata, 6.000 tonnes à Ténériffe, 4.000 tonnes à Saint-Paul-de-Loanda, 4.700 tonnes à Singapoure, et 2.400 tonnes au Pirée. Et il ne s'agit là que d'un exemple pris au hasard. Le charbon dont il s'agit est surtout du charbon de Virginie, notamment de la région dite Pocahontas. Ce charbon est réputé avoir les qualités des charbons de Cardiff. Essayé en 1894 par la Marine de guerre américaine (*), il a fourni d'excellents résultats : donnant peu de fumée, très peu de cendres, exigeant peu de main-d'œuvre, faisant peu de dépôts dans les tubes et fournissant tout près de 8 kilogrammes de vapeur par kilogramme de combustible, il semble en effet comparable aux houilles galloises, et il leur est très supérieur par son prix de revient, puisque ce prix, à la mine, compris entre 3 francs et 5 francs dans les statistiques de 1894, tombe encore dans les statistiques suivantes. En 1896, la moyenne des prix par tonne, à la mine, est de 3 fr. 25 ! La Virginie de l'Ouest, où se trouvent ces houilles spéciales, a vu sa production passer, de 4 millions de tonnes en 1886, à près de 13 millions en 1896. Avec les prix de transport très bas que concèdent les chemins de fer américains (2 centimes 1/2 par mille), ces produits arrivent à moins de 10 francs sous vergue dans les ports de l'Atlantique (**). Ces chiffres sont assez éloquents pour expliquer les craintes anglaises. Ils sont en même temps,

(*) XVIe Rapport annuel (*U. S. Geological Survey*).
(**) Circulaires du Comité central des Houillères de France.

nous devons le dire en passant, faits pour prouver que les propriétaires américains, qui ne jouissent pas précisément de bas salaires, savent probablement mieux que les Anglais tirer parti de gisements très comparables.

Au point de vue social, la grève du Pays de Galles aura pour résultat d'accentuer les tentatives en vue de constituer les ouvriers du bassin en Unions se rattachant à la Fédération. On a hautement accusé cette dernière d'avoir fomenté la grève. Les ouvriers se sont, au contraire, défendus d'avoir obéi à des excitations de cette nature : ils ont protesté de leur indépendance à maintes reprises, notamment devant Sir Edward Fry. Les patrons sont d'un avis absolument différent. Il est exact que la Fédération ne s'est pas montrée ; mais on comprendrait difficilement la dépense qu'elle a faite pour soutenir la grève, — près de 300.000 francs, — si elle n'avait pas eu l'intention de prouver sa propre utilité aux ouvriers. Les chefs des ouvriers, notamment M. Abraham, ont fait tous leurs efforts pour les amener à s'unir ; un courant très puissant s'est manifesté dans ce sens à la fin de la grève ; des résolutions ont été votées ; le congrès des Trades-Unions, réuni à Bristol dans les premiers jours de septembre, s'est uni de cœur aux mineurs du Pays de Galles et leur a adressé, avec ses sympathies, le conseil de s'unir ; finalement, il résulte de divers meetings tenus en septembre que la « South-Wales Miners Association » est sur le point d'être organisée. Mais il ne suffit pas de tenir des réunions et d'y voter de semblables résolutions pour que le but soit atteint : il faut une volonté, une discipline et un esprit de suite que la grève n'a guère indiqués. Les 300.000 francs de la Fédération pourraient bien, cette fois encore, être perdus.

Il n'est pas sans intérêt de constater, d'autre part, que, par-dessus les mineurs du Pays de Galles, c'est la Fédération qui est vaincue dans ses principes. C'est, en somme,

contre la théorie du *living Wage*, du salaire normal, que les patrons ont victorieusement lutté en repoussant le minimum.

C'est peut-être par ses côtés politiques que la grève aura le plus de conséquences. — Sans doute, le Gouvernement, qui se trouvait alors être un Gouvernement conservateur, n'est intervenu directement qu'autant que la loi le permettait. Malgré lui cependant, il a dû répondre à de nombreuses questions sur la grève, donner aux ouvriers des conseils que ces derniers ont suivis. L'échec complet de l'arbitrage gouvernemental a produit une profonde impression. Certains organes, même modérés (*Finance*, 23 août), ont qualifié très durement l'attitude des patrons, qu'on a été jusqu'à appeler « un acte de trahison contre la prospérité nationale ». L'inanité de la législation actuelle sur l'arbitrage a éclaté à tous les yeux ; on a violemment attaqué la propriété individuelle, réclamé l'arbitrage obligatoire et la nationalisation des mines. Le XVIIIe Congrès de la Fédération démocratique socialiste, tenu à Édimbourg au commencement d'août, a voté un blâme au Gouvernement et s'est solidarisé avec les mineurs du Pays de Galles : cette organisation, qui représente en Angleterre les théories de Karl Marx, et s'était jusqu'à ces dernières années tenue un peu à l'écart, fait ainsi un pas de plus dans la voie du rapprochement vers les autres branches du parti socialiste ou ouvrier en Angleterre. — Fait bien rare, presque exceptionnel dans l'histoire des grèves anglaises : la police a dû procéder à des arrestations, et il a fallu faire venir des troupes. — Fait autrement significatif : un député aux Communes, questionnant le Ministère sur la suppression des manœuvres navales, a émis l'idée que l'État devrait acheter des mines de houille pour ne plus se trouver à l'avenir dans une situation aussi critique.

Sans doute, dira-t-on, tout cela constitue à peine des

symptômes. Il n'en est pas moins vrai que c'est ainsi que l'opinion se prépare et que, sous un Gouvernement libéral, — et on sait qu'en Angleterre c'est un fait d'expérience que le pouvoir passe alternativement de l'un à l'autre des deux grands partis qui dominent, — l'histoire de la grève du Pays de Galles, qui aura été après tout un malheur public, sera certainement invoquée comme un épisode marquant de l'évolution socialiste en Angletérre, et pourra fournir des arguments en faveur des lois restreignant les droits, jusqu'ici si absolus, des propriétaires de gisements minéraux.

Enfin la grève aura clairement montré le vice capital du système de l'échelle mobile.

La détermination automatique des salaires par le prix de vente est un système séduisant en théorie. Accepté de part et d'autre, il semble supprimer tout conflit, puisqu'il paraît prévoir toutes les éventualités et régler à l'avance toutes les difficultés. On lui reproche avec raison de donner lieu à des contestations nombreuses, lorsqu'on l'établit, parce que la fixation du prix de base et celle du taux de l'échelle sont des éléments qui ne peuvent qu'être fixés *ex æquo et bono*, d'après l'appréciation concordante des deux partis en présence, et que cet accord est bien malaisé à faire. Mais on pouvait croire que, cet accord une fois établi et consacré par une longue pratique, le système ne donnait lieu qu'à des difficultés sans conséquences (*). — La grève du Pays de Galles rappelle à la réalité. Elle prouve, une fois de plus, qu'il est illusoire de vouloir trancher *a priori*, et pour une longue durée, les difficultés entre patrons et ouvriers, par une convention

(*) Parmi ces dernières, il faut citer les contestations qui naissent de l'examen des livres par les délégués du Comité mixte : les ouvriers n'ont cessé, au cours de la grève, de faire entendre des plaintes, à ce sujet, en disant que les livres communiqués à leurs délégués étaient faussés, et que les prix réels étaient plus élevés que ceux sur lesquels étaient réglés les salaires.

une fois faite et fonctionnant mécaniquement. Les ouvriers, pas plus d'ailleurs que les patrons, ne sont des machines.

Dans le cas actuel, les premiers, — les ouvriers, — ont pris, pendant la période des hauts salaires, de mauvaises habitudes. Ils n'ont pas été les hommes parfaits que suppose la théorie, profitant de la prospérité pour économiser en vue des maùvais jours. Ils ont joui de cette prospérité, se sont laissé vivre, ont augmenté leurs dépenses, ont produit moins. De plus, les nouveaux venus, embauchés en plus grand nombre que jamais, se sont contentés de salaires raisonnables à cette époque, mais correspondant par là même à un salaire type très bas. Puis, la disette est venue. Il a fallu rétrograder jusqu'à des taux pratiqués dix ans auparavant, mais par d'autres ouvriers et avec d'autres habitudes. La période de hausse avait, dans l'intervalle, relevé le prix et abaissé la qualité de la main-d'œuvre. Ce retour en arrière, que le système de l'échelle mobile ne permet pas d'adoucir, a semblé trop dur aux ouvriers, qui se sont révoltés. Comment s'en étonner? Les patrons, qui représentent, non des individus périssables, mais des entreprises de longue durée, étaient, de leur côté, en droit d'exiger les avantages que leur donne l'échelle mobile, puisqu'ils ont souffert de la hausse des salaires quand les prix de vente étaient hauts. Ils faisaient tout simplement preuve d'esprit de suite en réclamant une compensation. Les ouvriers n'étaient peut-être pas logiques en la refusant ; mais il aurait fallu une dose de philosophie peu commune pour accepter une situation plus défavorable, au nom d'une situation meilleure, mais passée, et dont, après tout, nombre d'entre eux, embauchés nouvellement, n'avaient pas joui. C'est là qu'est le défaut capital du système : il a le tort de mettre sur le même pied l'entreprise exploitante, qui a pour elle la durée, et l'individu, qui passe.

Décembre 1898.

APPENDICE.

APERÇU DES COURS PRATIQUÉS A CARDIFF PENDANT L'ANNÉE 1898.

	MEILLEUR CHARBON A VAPEUR	
	Gros	Menu
10 mars	12/	7/6
25 mars	13/ à 14/	7/6 à 8/
8 avril	20/	»
4 mai	18/ à 20/	13/
15 mai	22/ à 23/	»
5 juin	22/	9/
16 juin	18/ à 20/	10/
4 juillet	20/	»
29 juillet	21/	11/6
10 août	22/6	11/6
15 août	22/6 à 23/6	12/6
25 août	24/	12/9 à 13
8 septembre	15/6 à 16	7/ à 9/
25 septembre	15/ à 15/6	8/ à 9/
15 octobre	13/6 à 14/	5/ à 5/3
20 novembre	13/ à 13/6	6/ à 6/3

NOTE

SUR

L'INDUSTRIE MINÉRALE AU JAPON

Par M. PAUL JORDAN, Ingénieur des Mines.

Les renseignements qui suivent proviennent de diverses sources : les uns ont été recueillis directement par nous dans les diverses exploitations que nous avons visitées, pendant le mois d'octobre 1897, dans les trois îles d'Honshiu, de Kiushu et de Shikoku ; notre temps étant malheureusement trop limité, nous n'avons pas pu pousser jusque dans l'île d'Hokkaido. Les autres ont été, pour la plus grande partie, empruntés à des publications du Ministère de l'Agriculture japonais dont dépend le service des mines ; quelques-uns, enfin, ont été puisés dans des publications commerciales et industrielles anglaises et américaines.

LA HOUILLE.

Parmi les produits du sous-sol japonais, la houille figure au premier rang : en 1895, la production de l'ensemble des mines de l'empire s'est élevé, à 4.772.656 tonnes(*), chiffre qui dépasse de plus de 500.000 tonnes celui de 1894. Le tableau suivant qui donne, année par année, de 1891

(*) La tonne dont il s'agit est la tonne anglaise de 2.240 lbs avoir-de-poids (environ 1.009 kilogrammes).

à 1895, la production des mines du Japon, permet d'ailleurs de se rendre un compte exact de la rapidité du développement de l'industrie de la houille dans ce pays.

1891..........	3.175.844 tonnes
1892..........	3.175.610 —
1893..........	3.319.601 —
1894..........	4.268.135 —
1895..........	4.772.656 —

Au Japon, de même que dans presque tout le bassin Pacifique, la houille est secondaire ou tertiaire; il existe dans l'archipel deux aires principales de terrains de cet âge (Voir la carte, Pl. VIII): l'une dans l'île d'Hokkaido, l'ancienne Yeso ; nous reviendrons tout à l'heure sur les bassins houillers qui s'y trouvent. L'autre occupe tout le nord-ouest de l'île de Kiushu (les Neuf Provinces) et, franchissant le détroit de Shimonoseki, se prolonge dans la préfecture de Yamaguchi. Les exploitations de cette région fournissent à elles seules plus de 87 p. 100 de la production totale du Japon. Le tableau suivant indique d'ailleurs comment, pendant les deux années 1894 et 1895, l'extraction s'est répartie entre les différentes préfectures.

		1894 tonnes	1895 tonnes	1895 P. 100 du total
Kiushu	Fukuoka....	2.728.114	3.105.141	65
	Saga........	323.825	395.580	8,3
	Nagasaki....	442.954	413.782	8,6
	Kumamoto ..	40.319	35.036	0,7
Honshiu (Nippon)	Yamaguchi..	187.112	203.213	4,5
	Fukushima ..	44.937	54.968	1,1
	Wakayama...	41.768	35.155	0,7
Hokkaido (Yeso)........		387.634	456.880	9,6
Divers................		71.172	72.901	1,5
		4.268.135	4.772.656	100,00

La préfecture de Nagasaki (le Long Cap) est celle où l'exploitation de la houille est la plus ancienne; mais actuellement sa production est en légère décroissance. L'îlot de Takashima (*), à une dizaine de milles au large de Nagasaki, a vu son extraction tomber à un peu plus de 100.000 tonnes par an. La houille qui en provient figure parmi les meilleures houilles japonaises ; elle est tout particulièrement recherchée pour la fabrication du coke. Par la proportion de carbone fixe qu'elle contient elle se trouve sur la limite des houilles sèches et des houilles grasses à longue flamme ; en voici d'ailleurs une analyse:

Eau	1,80
Carbone fixe	56,40
Matières volatiles	35,50
Cendres	6,35
Soufre	0,72

La préfecture de Saga a une production presque égale à celle de la préfecture de Nagasaki, les mines les plus importantes se trouvent au voisinage immédiat du port de Karatsu, sur la côte nord-ouest de l'île de Kiushu.

Cours des charbons à Karatsu en 1895.

Mois	Maximum yens (**)	Minimum yens	Moyenne yens
Janvier	3,95	2,97	3,31
Février	4,50	3,11	3,48
Mars	4,50	3,11	3,48

(*) C'est un pléonasme de dire l'îlot de Takashima; le mot *shima* signifiant île, tandis que *taka*, contraction de *takai*, signifie haut, élevé.

(**) Jusqu'en novembre 1897, l'étalon monétaire au Japon était le yen d'argent contenant 24^{gr},26112 d'argent fin (« yen » est la prononciation chinoise du caractère qui signifie rond). La valeur du yen exprimé en francs était soumise à des fluctuations considérables, par suite de la variation du cours de l'argent. En octobre 1897, cette valeur était tombée à 2 fr. 555. Depuis le mois de novembre dernier, le Japon a adopté l'étalon d'or : l'unité monétaire est le yen d'or contenant deux « fun » d'or (0^{gr},750) et valant 2 fr 58. L'ancien yen d'or contenait quatre « fun » d'or. Il en existe encore quelques-uns dans la circulation ; ils ont une valeur double de la valeur nominale.

Mois	Maximum yens	Minimum yens	Moyenne yens
Avril	4,50	3,11	3,48
Mai	4,50	3,11	3,48
Juin	5,55	2,89	3,22
Juillet	3,80	2,83	3,16
Août	3,80	2,83	3,16
Septembre	4,46	3,36	3,70
Octobre	4,46	3,36	3,70
Novembre	4,64	3,63	3,90
Décembre	4,64	3,53	3,90

A l'heure qu'il est, c'est la préfecture de Fukuoka qui tient incontestablement le premier rang pour la production de la houille. Il y existe deux bassins bien distincts : celui du nord, qu'on pourrait appeler bassin de Moji(*), du nom du port d'exportation des charbons, est de beaucoup le plus important comme tonnage (sa production annuelle dépasse deux millions de tonnes) ; mais ce tonnage se trouve réparti en un très grand nombre d'exploitations dont aucune n'a une extraction considérable. En 1894, la production de la mine de Namazuda n'a été que de 165.588 tonnes ; celle d'Akaike, 138.153 tonnes; celle de Shinniu, 125.661 tonnes; celle de Kawamiya, 110.437 tonnes ; celle de Katsuno, 106.138 tonnes, etc. (**).

La région houillère a, du nord au sud, une centaine de kilomètres de longueur ; dans le sens de la largeur, elle se trouve divisée en deux cuvettes distinctes par un axe anticlinal. Namazuda est relié par chemin de fer au port de Wakamatsu ; un embranchement dessert Akaike, Kanada et les différentes mines de la cuvette de l'est. A Wakamatsu, les charbons sont chargés sur des jonques et transportés à Moji où on les transborde sur des vapeurs.

(*) Moji se trouve sur le détroit de Shimonoseki, vis-à-vis de la ville de ce nom.

(**) Ces chiffres sont empruntés à une publication américaine : *Commerce and industries of Japan; a report of investigation conducted by* Robert P. Porter. Philadelphie, 1897.

Cours des charbons à Wakamatsu en 1895.

	1re qualité yens	2e qualité yens	3e qualité yens
Janvier..........	4,24	3,02	2,35
Février..........	4,12	2,94	2,30
Mars............	4,20	3,36	2,52
Avril............	4,28	3,36	2,60
Mai.............	3,99	3,19	2,48
Juin.............	3,75	3,02	2,31
Juillet...........	3,73	3,02	2,23
Août............	3,60	3,02	2,16
Septembre.......	3,58	3,06	2,10
Octobre.........	3,57	3,02	2,10
Novembre.......	3,56	3,01	2,02
Décembre.......	3,51	2,97	2,02
Moyenne.....	3,84	3,08	2,27

Les charbons de la première qualité proviennent des mines de Akaike et de Oojiro ; ceux de la deuxième viennent de Ootsuji, Nookata et Hondo ; ceux de la troisième, enfin, viennent de Hioshida et de Fukasaka.

Le bassin de Miike (les Trois Étangs), sur la côte est de la baie de Shimbara, a une production annuelle un peu inférieure à un million de tonnes; mais toute cette production est le fait d'une seule Compagnie, la Mitsui Kozan Kaisha.

Les couches reconnues sont au nombre de deux : la couche supérieure, connue sous le nom de couche de 8 pieds, a une puissance moyenne de $2^m,50$; exceptionnellement elle atteint 6 mètres. A 3 mètres en dessous de cette couche s'en trouve une autre de $1^m,80$ d'épaisseur environ. Cette seconde couche n'a encore été exploitée qu'aux affleurements et uniquement pour la consommation locale.

Les couches présentent une grande régularité. Elles affleurent suivant une ligne perpendiculaire au rivage, à

hauteur de la ville d'Omuta, et plongent vers le sud avec une inclinaison d'environ 10 centimètres par mètre ; à l'ouest, elles n'ont pas encore été reconnues sous la baie de Shimbara ; à l'est, à environ 6 kilomètres de la mer, elles se relèvent brusquement en formant un dressant et viennent affleurer suivant une ligne presque parallèle à la côte.

En profondeur, la houille a été reconnue par cinq puits et neuf sondages, dont le plus profond, partant d'un niveau à peine supérieur à celui de la mer, vient recouper la couche de 8 pieds à une profondeur d'environ 240 mètres.

On a donc dès maintenant plus de 50 millions de tonnes en vue, sans tenir compte de ce qu'on pourra exploiter sous la baie de Shimbara.

Actuellement l'extraction se trouve répartie entre quatre champs d'exploitation : Oura, Miyanoura, Nanaura et Kachidachi. A Oura, l'extraction se fait par un plan incliné de 1.400 mètres de longueur. Dans les trois autres mines, l'extraction se fait par puits. Le puits de Kachidachi, dont le fonçage n'a été achevé qu'en 1874, a une profondeur de 120 mètres. Les deux puits de Nanaura, qui datent de 1882 et de 1883, ont des profondeurs de 60 et 66 mètres ; ils sont circulaires et mesurent $4^{m},20$ de diamètre. Le puits de Miyanoura, achevé en 1887, est rectangulaire : il a $5^{m},40$ de longueur sur $3^{m},60$ de largeur ; sa profondeur n'est que de 47 mètres.

L'exploitation se fait par la méthode des piliers tournés. Une fois arrivé à l'extrémité du champ d'exploitation, on dépile en battant en retraite. On n'introduit pas de remblais ; on soutient le toit de la façon suivante : une série de bois sont couchés horizontalement côte à côte ; on pose ensuite une deuxième assise de bois perpendiculaires aux premiers, puis une troisième, et ainsi de suite jusqu'à la couronne. On forme ainsi de véritables piliers analogues à ceux qu'on voit dans les chantiers de bois,

mesurant souvent 10 à 12 mètres de longueur sur 5 à 6 de large.

Les couches de Miike ne sont pas grisouteuses, et l'on n'y fait usage que de lampes à feu nu. Le seul ennemi qu'on ait à combattre est l'eau. L'entretien d'eau de la mine de Nanaura est de 4.300 mètres cubes. L'épuisement se fait par une pompe Davey.

Un des traits les plus originaux de l'exploitation de Miike est l'emploi de la main-d'œuvre pénale concurremment avec la main-d'œuvre libre. A Nanaura, on emploie au fond 444 condamnés et 287 travailleurs libres. Au jour, on occupe 425 travailleurs libres et 9 condamnés seulement. Les condamnés travaillant à la mine jouissent d'une liberté relative ; aussi n'y emploie-t-on que les forçats les mieux notés.

Le salaire des ouvriers libres varie de 30 à 40 sens par jour (0 fr. 75 à 1 franc). Dans ces conditions, le prix de revient serait, d'après les ingénieurs japonais de Miike, d'environ 2 yens un quart (environ 5 fr. 80).

Pour compléter ce qui a trait à la main-d'œuvre, il convient de noter la construction, par la Mitsui Kozan Kaisha, de cités ouvrières pour les travailleurs libres.

Le charbon de Miike appartient à la catégorie des houilles sèches à longue flamme. En voici une analyse.

Eau	0,63		
Carbone fixe	51,10	H.	5,13 p. 100
Matières volatiles	39,06	Az	0,92 p. 100
Cendres	6,80	O	8,92 p. 100
Soufre	3,15		

Nombre de kilogrammes d'eau évaporés à 100° par la combustion de 1 kilogramme de houille de Miike.

Gros	8,64
Noisettes	8,16
Menu	8,02

Le charbon de Miike est chargé sur des jonques à Omuta et transporté à Kuchinotsu, de l'autre côté de la baie de Shimbara. Là il est transbordé sur des vapeurs et dirigé sur Nagasaki, Shanghaï ou Hong-Kong.

A Kuchinotsu les prix moyens des charbons, en 1895, ont été 4y,50 pour le gros et 3y,50 pour le menu.

Pour en finir avec Miike, nous donnons le tableau des productions du bassin de 1877 à 1895.

1877	54.589	tonnes
1880	118.211	—
1885	248.137	—
1890	487.641	—
1891	574.330	—
1892	468.831	—
1893	589.789	—
1894	665.756	—
1895	702.703	—

Nous avons signalé, dans l'île d'Hokkaido (la Route de la Mer du Nord), l'existence d'un autre bassin crétacé. On y trouve de très nombreuses couches de houille intercalées au milieu des bancs secondaires. Les principales exploitations sont celles de Yubari, Sorachi (Kami-Utashinai et Shimo Utashinai), Poronai, Ikushumbetsu.

Ce n'est que depuis 1890 que la mine de Yubari est exploitée, et ce n'est qu'en 1895 qu'elle a commencé à produire. L'exploitation porte sur deux couches de 7 mètres de puissance. On estimait que l'extraction, en 1877, serait de 270.000 tonnes.

La mine de Sorachi exploite les deux concessions de Kami-Utashinai et de Shimo-Utashinai. On y connaît neuf couches, chacune de 2m,70 de puissance moyenne. Kami-Utashinai a commencé à être exploité en 1898; sa production est aujourd'hui de 150.000 tonnes. Shimo-Utashinai n'a été ouvert qu'en 1895; on estimait que sa production, en 1895, serait de 50.000 tonnes.

La mine de Poronai est la plus ancienne des mines d'Hokkaido. Dès 1879, elle fut mise en exploitation par l'État Japonais qui, en 1889, la vendit à l'Hokkaido Tanko Tetsudo Kaisha (Compagnie des Mines de Houille et des Chemins de fer d'Hokkaido), qui en est le propriétaire actuel. On exploite quatre couches, dont la puissance va de 1^m,50 à 1^m,80. La production annuelle est de 180.000 tonnes.

La mine d'Ikushumbetsu exploite quatre couches de 2^m,10 de puissance moyenne ; la production annuelle varie de 40 à 50.000 tonnes.

Des chiffres qui précèdent il résulte qu'on estimait à environ 690.000 tonnes la production totale de l'île d'Hokkaido en 1897.

La houille d'Hokkaido appartient, comme celle de Kiushu, à la catégorie des houilles sèches à longue flamme. Voici quelques analyses obtenues sur des échantillons des différentes mines.

	Yubari	Sorachi	Poronai	Ikushumbetsu
Densité.....	1,2	1,212— 1,231	1,288— 1,223	1,205— 1,28
Humidité....	1,46	2,34 — 3,66	3,64 — 5,59	2,26 — 3,64
Mat. volatiles	42,89	39,65 —40,02	33,90 —44,36	41,56 —40,07
Carbone fixe	52,50	29,99 —57,60	48,56 —54,21	44,98 —54,25
Soufre......	0,311	0,459— 1,084	0,37 — 0,51	0,29 — 0,39
Cendres....	4,57	2,38 — 3,66	3,20 —17,24	4,18 — 5,94

L'exportation des charbons d'Hokkaido se fait par les deux ports d'Otaru et de Mororan, qui ne sont ouverts aux navires étrangers que pour le commerce de la houille(*):

(*) En vertu des traités actuellement en vigueur entre le Japon et les puissances européennes, les seuls ports ouverts au commerce européen sont : Yokohama, Kobe, Osaka, Niigata et Tokio, dans l'île d'Honshiu ; Nagasaki, dans Kiushu ; et Hakodate, dans Hokkaido. En outre, certains ports sont ouverts pour certains commerces spéciaux : par exemple, pour la houille, Otaru et Mororan dans Hokkaido, Moji, Karatsu et Kuchinotsu dans Kiushu. Il y a quelque temps déjà, l'Angleterre a signé un nouveau traité avec le gouvernement mikadonal. Par ce traité, le

Cours des charbons à Otaru en 1895 (*en yens*).

	Qualité sup.	Qualité inf.	Moyenne
Poronai	5	4,75	4,88
Yubari	4,55	4,25	4,40
Ikushumbetsu	4,50	4,25	4,38
Sorachi	4,45	4,25	4,35

Commerce de la houille au Japon. — Pendant l'année 1895, les mines japonaises ont produit 4.772.656 tonnes de houille ; les importations étrangères se sont élevées à 68.931 tonnes, soit une offre totale de 4.841.587 tonnes. Pendant la même année, la consommation intérieure s'est élevée à 2.668.074 tonnes; les exportations ont été de 1.844.815 tonnes, soit en tout une demande de 4.512.884 tonnes. La différence, 328.698 tonnes, représente l'accroissement des stocks.

Consommation intérieure. — La consommation de la houille au Japon est relativement faible (2.668.074 tonnes); ce pays est avant tout, en effet, un pays agricole; non seulement il produit assez de riz pour nourrir sa population de 42 millions d'habitants, mais, en 1895, il en a exporté pour une valeur de 7.200.000 yens. Il est vrai qu'au chapitre des importations le riz figure également pour une somme de 4.350.000 yens.

A côté du riz, qui joue au Japon le rôle du blé dans les pays occidentaux, les cultures industrielles occupent une place importante. En 1895, les exploitations de thé ont atteint 8.450.000 yens. Quant à la culture du mûrier, on peut se faire une idée de son importance en voyant

Japon était entièrement ouvert aux Européens qui avaient le droit d'y posséder; en revanche, l'Angleterre renonçait, pour ses nationaux, à la juridiction consulaire. Ce nouveau traité ne devait être exécutoire qu'en 1900, et après que toutes les nations européennes en auraient conclu de semblables. Lors de notre passage au Japon, deux nations seulement n'avaient pas encore signé de nouveau traité : l'Autriche et la France. Cette dernière vient de le faire il y a peu de mois.

que, la même année, les exportations de la seule soie grège se sont élevées au chiffre énorme de 47.860.000 yens. La culture du camphrier à Kiushu, celle du cotonnier dans tout le sud jouent également un rôle considérable.

Parmi les industries proprement dites, les industries manufacturières sont seules importantes : celle des textiles tient de beaucoup le premier rang. En 1895, la valeur des exportations de tissus de soie a dépassé 15 millions de yens. Comme chiffre d'exportation, les allumettes chimiques tiennent le second rang (4.670.000 yens) ; puis viennent les porcelaines et les cuivres manufacturés.

Par contre, l'industrie métallurgique, celle qui consomme le plus de charbon, existe à peine au Japon, et le réseau des voies ferrées est encore peu développé (2.950 kilomètres en 1895).

Exportations. — Les exportations de houille japonaise, en 1895, se sont élevées à 1.844.815 tonnes. Dans ce nombre, on a compris la houille consommée par les bateaux à vapeur qui font du charbon au Japon (468.747 tonne). Il reste donc, pour l'exportation proprement dite, 1.376.068 tonnes.

Voici comment ce tonnage s'est réparti entre les différents pays importateurs :

Hong-Kong	606.287	tonnes
Chine (Shanghaï, Chefoo, Foutchéou)	529.127	—
Inde anglaise	184.065	—
Iles Philippines	25.170	—
États-Unis	10.388	—
Sibérie	7.769	—
Corée	7.174	—
Canada	1.876	—
Iles de la Sonde	1.000	—
Divers	3.212	—
Total	1.376.068	—

Il n'a été fait, en 1895, aucune importation de charbon

japonais ni aux îles Hawaï ni au Tonkin. En 1894, les chiffres des importations dans ces deux pays ont été respectivement de 2.800 et 2.580 tonnes.

Les chiffres contenus dans le tableau qui précède n'offrent par eux-mêmes qu'un médiocre intérêt. Le point véritablement intéressant est de voir successivement, pour chaque marché, l'importance de la demande, les concurrents contre lesquels le charbon japonais a à lutter et les conditions dans lesquelles se présente la lutte. C'est par ce dernier point que nous commencerons.

Les seuls charbons qui, à l'heure qu'il est, fassent une concurrence sérieuse à la houille japonaise sont, d'une part, les charbons anglais, de l'autre, les charbons australiens. Ce n'est qu'à San-Francisco que les houilles de la Colombie britannique viennent en contact avec celles du Japon ; l'importation de ces dernières y est d'ailleurs négligeable. Quant aux charbons chinois, ils sont à peine exploités et presque uniquement pour la consommation locale ; nous en reparlerons tout à l'heure.

Le charbon anglais qui vient en Extrême-Orient est très supérieur comme qualité aux charbons japonais. Des essais faits sur des bateaux à vapeur ont montré que, pour produire la puissance motrice créée par la combustion de 15 tonnes de Cardiff, il fallait brûler 18 tonnes de charbon de Miike, premier choix, ou 23 tonnes de Moji. Or, d'après une publication officielle du Gouvernement japonais, les prix moyens des charbons à Singapore seraient les suivants (par tonne) :

	Yens
Cardiff	11,90
Miike	9
Moji	6,5

Dans ces conditions, la dépense nécessaire pour la production d'une même puissance serait de 11ʸ,90 avec le

Cardiff, 10y,80 avec du Miike, et seulement 10 yens avec du Moji. L'emploi du charbon japonais procure donc une économie sérieuse. Il ne faut, d'autre part, pas perdre de vue que, pour certains usages, les charbons anglais seront toujours préférés aux charbons japonais; c'est le cas de la marine de guerre, qui doit remplir les soutes de ses bateaux avec des charbons de premier choix, de façon à leur donner une grande distance franchissable.

En-deçà de Singapore, dans l'océan Indien, le charbon anglais règne en maître.

Les charbons australiens proviennent, pour la plus grande partie, de la Nouvelle-Galles du Sud, dont la production, en 1894, a été de 3.672.076 tonnes. Le Queensland et Victoria ont produit respectivement, la même année, 270.705 tonnes et 171.660 tonnes. Sur place, ces charbons valent environ 2y,95 la tonne; le fret vient augmenter considérablement leur prix aux points de consommation, comme le montre le tableau suivant.

Fret par tonne de houille de Newcastle (N. S. W.) aux points suivants:

Hong-Kong et Singapore........	8	shillings
San-Francisco..................	11	—
Honolulu (Iles Hawaï)...........	11	—
Guayaquil (Équateur)............	15	—
Manille.........................	10	—
Valparaiso......................	10	—

Les charbons australiens, ne différant pas beaucoup comme qualité, des charbons japonais ne peuvent lutter contre ces derniers que dans des conditions d'égalité ou d'infériorité de prix. Aussi les ports de Chine leur sont-ils presque complètement fermés. A Singapore, le charbon australien se vend un peu plus de 8 dollars (*) (Miike, 9;

(*) Le dollar dont il s'agit est le dollar de Hong-Kong (argent) pesant un peu plus que notre pièce de 5 francs, mais ne valant guère que 2 fr. 50, par suite de la baisse du métal blanc.

et Moji, 6,5). Dans ces conditions, on en a, en 1895, importé 42.000 tonnes. Aux Philippines, l'avantage appartient aux charbons de la Nouvelle-Galles du Sud (48.564 tonnes); les importations japonaises ne se sont élevées qu'à 25.170 tonnes. A Java, l'écart est encore plus sensible (23.364 tonnes contre 1.000 tonnes).

Voici, d'ailleurs, à titre de renseignement, le tableau des exportations de houille de N. S. Wales dans les différents pays, en 1895.

Pays d'exportation	Poids tonnes	Valeur £
Victoria	742.316	256.137
Queensland	25.918	9.580
South-Australia	153.258	51.947
West-Australia	63.555	18.472
Tasmanie	62.050	20.788
Nouvelle-Zélande	159.407	50.347
Fiji	18.878	6.982
Hong-Kong	11.406	»
Inde	43.651	18.574
Les Détroits	42.000	18.565
Chine	15.079	7.447
Chili	308.530	116.197
Panama	18.812	7.078
Iles de la Sonde	23.364	8.460
Luçon	48.564	18.080
San-Francisco	220.800	»
Pérou	27.225	10.205
Hawaï	44.436	16.253

La Chine contient de très importantes réserves de houille, notamment dans le Shan-Tung (l'est de la Montagne), le Shan-Si (l'ouest de la Montagne), la Mandchourie. Des couches de houille viennent affleurer jusque dans l'enceinte du palais impérial de Pékin. D'autres gisements existent dans le bassin de Yang-tsé-Kiang. La plupart de ces gisements ont été ou sont encore exploités, mais uniquement pour la consommation locale. Les Chinois, ne

sachant pas épuiser, s'arrêtent d'ailleurs dès qu'ils arrivent au niveau de l'eau. Il semble vraisemblable que cet état de choses va bientôt se modifier, et on doit s'attendre à voir alors les charbons chinois faire une sérieuse concurrence aux charbons japonais (*).

Examinons maintenant successivement les différents marchés de l'Extrême-Orient.

1° HONG-KONG.

Importation en 1895.

	Provenance	Poids		Prix moyen yens ou dollars (**)
Houilles japonaises	Miike.......	213.613	gros.......	7
			tout-venant.	6
	Moji........	241.148		5 à 6,75
	Yubari	23.601		6
	Karatsu.....	1.800		»
	Takashima..	5.993	gros.......	6,5
			menu	5,5
		486.155		
	Cardiff.....	62.923		13 à 14,5
	Australie ...	11.406		7,25 à 8
Tonkin	Hone-Gay...	33.039	gros.......	5,50 à 6
			menu	2,50
	Kebao......	18.800	gros.......	5 à 5,50
			menu	3,50
	Chine	5.700		
		131.868		
	Total....	618.023		

On voit, d'après ce tableau, que plus des 3/4 du charbon consommé à Hong-Kong vient du Japon. On remarquera le faible prix des menus provenant de Hone-Gay et de Kébao. Ces menus constituent de beaucoup la

(*) Il convient, en parlant des mines chinoises, de citer la mine de Shan-hai-Kwan, qui se trouve sur le golfe du Petchili aux confins de la Mandchourie. Elle est reliée à Tientsin par un chemin de fer. L'administration est chinoise ; mais la direction technique a été confiée à des Anglais.

(**) Voir les notes des pages 532 et 542.

plus grande partie de l'extraction de ces mines. On commence à en faire des briquettes en les mélangeant avec du charbon japonais.

2° SHANG-HAÏ.

Importations pendant les sept premiers mois de 1895.

Provenance	Poids	Valeur en taëls (*)
Miike { gros	39.119	5,50
Miike { tout-venant	13.587	4,75
Takashima	4.719	»
Moji	95.217	4,50
Nagasaki	86.452	4,20
Karatsu	6.066	»
	245.190	
Cardiff	1.500	11,00
Australie	17.379	10,50
Chine	31.611	»
Formose	530	»
	51.020	

Pendant tout le cours de l'année 1895, les importations de houille japonaise à Shang-Haï se sont élevées à 361.187 tonnes ; celles des houilles étrangères, à 73.028 tonnes, ce qui fait un total de 434.215. Sur les 31.611 tonnes de provenance chinoise, 12.325 tonnes sont venues de Han-Keou (Hankow) par le Yang-tsé-Kiang.

3° SINGAPORE.

Importation de houille en 1895.

Provenance	Poids	Valeur en dollars
Japon	194.053	1.583.869
Angleterre	149.762	1.845.440
Australie	42.279	863.150
Bornéo (Labuan)	29.843	180.403
» (Sarawak)	18.001	121.455
Calcutta	18.773	156.859
Tonkin	8.004	53.547
Total	460.715	4.104.813

(*) Le taël vaut environ 3 fr. 80.

Les importations à Penang, en 1895, se sont élevées à 7.378 tonnes valant 88.056 dollars. Presque tout ce tonnage (7.308 tonnes) vient d'Angleterre.

4° VLADIVOSTOCK.

Importation en 1895.

Japon........................	8.583 tonnes
Cardiff........................	8.101 —
Ile de Sakhalin..............	9.535 —
Chefoo........................	1.800 —
	28.019 —

5° GENSAN (CORÉE).

Consommation en 1895, 3.228 tonnes provenant pour la totalité du Japon (Gensan est, en réalité, une colonie japonaise en Corée).

LE CUIVRE.

Le cuivre est, après la houille, le produit le plus important du sous-sol japonais; mais, tandis que, pendant les dernières années, le chiffre de l'extraction houillère a beaucoup augmenté, la production du cuivre est restée sensiblement stationnaire, comme il résulte du tableau suivant.

Années	Production (*)	Exportation
1890......	18.115.468 kg.	19.410.964 kg.
1891......	19.033.079	16.525.590
1892......	20.726.723	17.979.605
1893......	18.005.200	15.318.125
1894......	?	15.242.455

En 1893, la répartition de la production entre les différentes préfectures du Japon s'est faite de la façon suivante :

(*) Le kin, ou livre chinoise, vaut 600 grammes.

	Production en kilog.	P. 100 du total
Totsigi..................	5.290.954	29,4
Yechine (Ile de Shikoku).	3.136.508	17,4
Akita....................	3.015.332	16,8
Okayama	1.248.934	6,9
Shimane................	884.312	4,9
Miyasaki................	880.874	4,9
Ichigawa................	630.195	3,5
Niigata	628.954	3,5
Divers..................	2.289.137	12,7
	18.005.200	100

Les mines les plus importantes sont celles d'Ashio dans la préfecture de Totsigi et celles de Besshi dans Yechine.

Ashio. — Ashio se trouve dans la haute vallée du Watarawase-Gawa, à une faible distance de Nikko, si célèbre par les mausolées d'Ieyasu et d'Iemitsu, les fondateurs de la dynastie des shoguns Tokugawa. Un transport aérien par câble de près de 4.500 mètres de longueur, passant au-dessous du Hosoo-toge, fait communiquer Ashio avec le fond de la vallée de Nikko. Un tramway à chevaux réunit la base du transport aérien à la gare de cette localité.

Le sous-sol des environs de Nikko est constitué par des roches d'origine éruptive, parmi lesquelles les rhyolites dominent; on les observe avec une particulière netteté à Nikko même et sur la rive Nord du lac de Chuzenji au pied du Nantaï-san. C'est sur la bordure méridionale du massif rhyolitique, au contact des roches éruptives et des schistes qu'est situé Ashio. Les filons se trouvent indifféremment dans les deux formations. On connaît une dizaine de veines : trois seulement sont activement exploitées; deux d'entre elles, orientées presque exactement E. W., sont sensiblement verticales; la troisième, de direction N. E.-S. W., plonge vers le S. E., en faisant avec l'horizon un angle d'environ 45°.

Le minerai est un mélange de pyrite de fer et de chalcopyrite avec parfois un peu de cuivre panaché. On le trouve le plus souvent à l'état d'imprégnations dans la roche encaissante partiellement transformée en quartz. Sa teneur est très faible, en général ; aussi doit-il être enrichi par une préparation mécanique ; les grenailles sont passées dans des bacs à piston, les fines dans des spitzkasten et sur des tables tournantes. Les eaux de lavage acides étaient autrefois envoyées directement au Watarawase-Gawa. Elles sont actuellement recueillies dans de grands bassins de décantation et neutralisées par un lait de chaux.

Le traitement métallurgique a lieu sur place : il débute par un grillage en stalle pour les gros morceaux, au réverbère pour les menus. Lors de notre visite, on était en train de construire, le long de la colline, une cheminée rampante pour évacuer l'acide sulfureux.

La fusion pour matte a lieu dans six « waterjackets ». Les quatre plus anciens ont une capacité de 15 tonnes par vingt-quatre heures ; ils possèdent quatre tuyères sur chacun des grands côtés. Les deux derniers ont une capacité de 30 tonnes et huit tuyères sur chacun des grands côtés. Le vent est fourni par un ventilateur Roots.

La matte à 55 p. 100 de cuivre obtenue est refondue au cubilot et passée au convertisseur Manhès. Les convertisseurs, au nombre de quatre. ont une capacité d'une tonne ; la durée de chaque opération est d'environ une heure. Au bout de six à sept opérations, il faut refaire le revêtement. Des quatre convertisseurs il n'y en a jamais deux *à la fois* en marche ; chacun des quatre convertisseurs ne marche jamais qu'isolément. La production journalière de l'usine est d'environ 12 tonnes de métal à 98 p. 100 de cuivre. Le métal est raffiné aux environs de Tokio par la voie électrolytique.

Les salaires sont relativement élevés à Tokio : les

mineurs gagnent 60 sens par jour (1 fr. 50); les manœuvres, de 30 à 50 sens (0 fr. 80 à 0 fr. 30); les femmes, 20 sens (0 fr. 50). Ces salaires, disons-nous, quelque faibles qu'ils paraissent, sont relativement élevés. Une récente enquête, instituée au Japon, sur la condition des ouvriers, a établi que la famille japonaise moyenne se composait, outre le chef de famille de 4,9 individus. Le salaire moyen du chef de famille ne s'élève qu'à 39ˢ,8, auxquels il faut ajouter 18ˢ,8 représentant le salaire des autres membres de la famille, ce qui fait un total de 58ˢ,6. Quant aux dépenses journalières courantes, elles ne s'élèveraient qu'au chiffre invraisemblable de 46ˢ,8 (moins de 1 fr. 20). Le riz figurerait dans ce total pour 24ˢ,5 ; les autres aliments pour 5ˢ,5, le loyer pour 5ˢ,5 également (*).

Besshi. — La mine de Besshi se trouve dans la préfecture de Yechine sur la côte ouest de l'île de Shikoku (en japonais, les Quatre Provinces). Bien qu'à une quinzaine de kilomètres seulement, à vol d'oiseau, de la côte, elle se trouve déjà à une altitude considérable. Le port de Besshi est Niihama ; c'est là que la majeure partie du minerai est traitée. Un chemin de fer de 10 à 12 kilomètres de longueur en plaine relie Niihama au hameau de Tatsukawa. Là la voie ferrée s'arrête, et il faut franchir un escarpement de 5 à 600 mètres. Un transport aérien par câble y a été établi, mais l'installation actuelle est tout à fait insuffisante pour le trafic, et la plus grande partie des provisions à destination de la mine est montée à dos de femme. Lors de notre visite, on était en train d'installer un nouveau tramway aérien. Celui-ci sera

(*) Depuis 1873, le salaire nominal moyen a augmenté de plus de 30 p. 100. Loin d'augmenter, le salaire réel a, au contraire, décru, le prix des denrées s'étant beaucoup accru. De 1873 à 1895, le prix du riz a augmenté de 65 p. 100.

actionné par un moteur, tandis que l'ancien était mû uniquement par la gravité.

Partant de la station supérieure du transport aérien, un chemin de fer établi à flanc de coteau va jusqu'à l'entrée de la galerie principale du roulage de la mine. Cette galerie traverse de part en part la montagne; c'est de l'autre côté que se trouve le petit village de Besshi.

On exploite à Besshi un filon assez puissant de chalcopyrite. Le développement des travaux est considérable : au moment de notre visite, on venait d'achever le fonçage d'un puits de 544 mètres de profondeur; on y installait une puissante machine d'extraction, construite à Londres. Un petit compresseur de la *Rand drill C°* actionne quatre perforateurs dans la mine.

Le minerai est assez pauvre dans l'ensemble. Il subit un grillage en tas à Besshi même; une faible partie du minerai est complètement élaborée sur place ; de beaucoup la plus grande partie est traitée à Niihama.

Le minerai grillé subit une double fusion pour matte : la première fusion s'effectue dans quatre waterjackets circulaires à avant avec settler parallélipipédique. La matte obtenue contient environ 30 p. 100 de métal; on la casse à la main et on la grille en stalles. La fusion pour deuxième matte se fait dans deux waterjackets identiques aux premiers.

La deuxième matte à 55 p. 100 de cuivre est traitée au réverbère. Les réverbères, au nombre de trois, donnent, au dire des ingénieurs japonais, du métal à 99 p. 100 de cuivre; une opération de raffinage porte cette teneur à 99,7 p. 100.

Une certaine quantité de cuivre est obtenue à Besshi en traitant par cémentation les eaux cuivreuses de la mine.

Les salaires sont beaucoup plus bas à Besshi qu'à Ashio : les ouvriers sont divisés en cinq classes, dont les

salaires s'échelonnent de 25 à 30 sens par jour (0 fr. 65 à 0 fr. 75). Il est vrai de dire que le salaire réel est beaucoup augmenté par l'organisation d'un économat qui fournit le riz aux ouvriers à un prix très inférieur à celui du commerce.

EXPORTATION DE CUIVRE.

1° *Lingots bruts.*

	1894		1895	
	Poids (en kilogr.)	Valeur (en yens)	Poids (en kilogr.)	Valeur (en yens)
Corée	37.060	11.962	57.545	20.757
Chine	1.396.070	426.672	272.087	96.257
Hong-Kong	1.923.518	568.879	2.079.247	709.280
Angleterre	1.352.080	451.619	763.967	254.702
France	160.850	31.179	»	»
Allemagne	515.315	168.559	632.980	212.143
Inde anglaise	462.232	140.556	75.073	47.381
Divers	17	6	144	60
Total	5.847.242	1.799.432	3.881.043	1.340.580

2° *Lingots de deuxième fusion.*

	1894		1895	
	Poids (en kilogr.)	Valeur (en yens)	Poids (en kilogr.)	Valeur (en yens)
Corée	53.480	18.516	35.207	13.497
Chine	537.339	182.934	204.630	77.867
Hong-Kong	2.262.697	686.092	3.082.163	1.005.926
Angleterre	492.044	169.063	516.569	182.669
France	»	»	»	»
Allemagne	176.300	59.761	1.074.275	364.379
Hawaï	»	»	143.853	48.250
Amérique du Nord	50.400	14.784	»	»
Inde anglaise	72.691	24.710	2.029	»
Divers	»	»	25	9
Total	3.644.951	1.155.862	5.058.721	1.693.376

3° *Cuivre manufacturé* (1894).

Corée	8.306 kilog.
Chine	705.169 —
Hong-Kong	4.638.155 —
Inde anglaise	436.496 —

ANTIMOINE.

En 1895, la valeur des exportations d'antimoine s'est élevée à 289.935 yens. C'est principalement dans les deux préfectures de Yechine et de Nara que cet antimoine est produit. En 1894, la mine d'Ichinogawa, non loin de Besshi, a expédié 740.000 yens de stibine brute. L'usine de Saijo, a, en outre, produit 450.000 kins (270.000 kilogrammes) d'antimoine correspondant à un poids inconnu de stibine.

La mine de Totsugawa (préfecture de Nara) a, la même année, produit 533.000 kins de sulfure d'antimoine.

Dans la préfecture de Yamaguchi, il a été produit 120.000 kins d'antimoine et 365.000 tonnes de stibine. Dans les préfectures de Kochi et d'Oita, on a respectivement extrait 117.003 et 72.000 kins de minerai d'antimoine.

En 1894, la valeur moyenne de la stibine extraite a été de 7^{gr},90 environ les 100 kins (60 kilogrammes), l'antimoine métallique valant environ le double.

EXPORTATIONS DANS LES DIFFÉRENTS PAYS (1895).

Chine	13.228 yens
France	10.248 —
Allemagne	11.311 —
Angleterre	23.777 —
Hollande	3.694 —
Hong-Kong	155.578 —
États-Unis	72.095 —

Dans le tableau qui précède nous n'indiquons pas de tonnage, parce que la statistique japonaise, d'où ces chiffres sont tirés, ne fait pas de distinction entre la stibine et l'antimoine métallique ; ce n'est guère qu'aux États-Unis qu'on exporte ce dernier.

LE FER.

Le Japon est pauvre en fer : il existe des gisements de fer filonien dans la préfecture d'Iwate et des sables magnétiques en assez grande abondance dans les préfectures de Shimane, de Tottori et d'Hiroshima. Ces trois préfectures produisent un peu de fer, mais il est obtenu par d'anciens procédés métallurgiques et impropre à la plupart des usages industriels.

En 1894, il n'a été produit, dans tout l'empire, que 15.760 tonnes de fonte, 4.015 tonnes de fer, et 932 tonnes d'acier.

Presque tout le fer employé au Japon vient d'Europe ; nous croyons intéressant d'indiquer la part de chaque pays dans les importations.

Les chiffres que nous donnons se rapportent à 1895.

1° *Fer en barres.*

	Kilogr.	Valeur déclarée en yens
Belgique	21.307.229	937.164
Angleterre	17.184.605	865.360
Allemagne	5.358.231	254.825
France	228.845	21.229
Suède	72.619	5.242

2° *Rails.*

	Kilogr.	Valeur déclarée en yens
Angleterre	24.673.295	866.443
Belgique	882.554	39.438
Allemagne	426.626	19.649

3° *Acier.*

	Kilogr.	Valeur déclarée en yens
Angleterre.............	2.889.361	387.782
Allemagne.............	959.246	88.459
Suède..................	118.904	11.729
France.................	82.268	8.560
Belgique	67.936	4.739
États-Unis.............	30.175	2.176

4° *Tôle de fer.*

	Kilogr.	Valeur déclarée en yens
Angleterre............	12.681.334	709.115
Belgique	3.319.880	179.083
Allemagne............	479.438	27.856
France...............	17.564	2.403

5° *Clous en fer.*

	Kilogr.	Valeur déclarée en yens
Allemagne............	12.019.459	1.065.844
Angleterre............	1.277.798	107.968
Belgique	1.132.808	94.028
États-Unis............	60.565	5.062
France...............	35.186	3.513

L'OR.

En 1895, la production de l'or au Japon s'est élevée à 631 kilogrammes (en diminution de 83 kilogrammes sur 1894). Cet or est surtout produit dans la préfecture de Kagoshima (île de Kiushu); outre des filons, on y exploite des alluvions. En 1893, la production de ces dernières s'est élevée à 60.000 yens.

Dans l'île de Sado, sur la côte occidentale de Honshiu, se trouve une mine très importante, celle d'Aikawa. Nous n'avons malheureusement sur elle que des renseignements déjà anciens.

D'avril à décembre 1891, la production de la mine a été :

Or	167 kgs
Ag	2.750 —
Cu	14.045 —
Pb	3.590 —
Sulfate de cuivre	264.000 —

La préfecture d'Akita produit également une certaine quantité d'or.

L'ARGENT.

En 1895 et 1894, la production de l'argent au Japon a été respectivement de 54.815 et 60.665 kilogrammes.

Nous n'avons pas sous les yeux la répartition de la production entre les différentes préfectures pendant ces deux années. En 1893, la production totale a été 2.320.444 yens. Dans ce total, la préfecture d'Akita figure pour 1.355.467 yens; celle de Gifu, pour 332.403 yens; celle de Fukushima, pour 255.169 yens.

Parmi les mines d'argent du Japon nous citerons, en première ligne, celle d'Innai, dans le sud de la préfecture d'Akita. Dans la préfecture de Gifu, la mine la plus importante se trouve aux environs d'Hirayu sur les flancs du volcan de Norikura, à plus de 2.000 mètres d'altitude. Une autre mine se trouve aux environs de Funatsu, mi-chemin entre Takayama et Toyama. Dans la préfecture d'Hiogo, nous citerons la mine d'Ikuno. La mine se trouve à quelque distance du village de ce nom, où se fait le traitement métallurgique; un chemin de fer à voie étroite y apporte le minerai; le traitement se fait par le Russell process (grillage chlorurant et dissolution par l'hyposulfite de soude avec addition de sulfate de cuivre). Il est question d'établir un chemin de fer d'Ikuno à Himeji.

LE PÉTROLE.

Il existe une région pétrolifère, près d'Amase, dans la préfecture d'Echigo. En 1893, la production de ce district a dépassé 12.000.000 litres. Le complément de l'huile consommée au Japon vient des États-Unis et de Russie. En 1895, on a importé pour 3.000.000 yens d'huile de Pensylvanie, et pour 1.200.000 yens d'huile russe. En 1894, on avait importé pour 4.000.000 yens d'huile américaine, et 1.000.000 yens seulement d'huile du Caucase.

LE SOUFRE.

Le Japon produit une certaine quantité de soufre provenant de solfatares. Cette production tend à diminuer. Presque tout le soufre produit est exporté aux États-Unis.

NOTE

SUR

LA CONVERGENCE DES ESSIEUX

DANS LES VOITURES A GRAND ÉCARTEMENT D'ESSIEUX DE LA C[ie] D'ORLÉANS

Par M. Ernest POLONCEAU,
Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la C[ie] d'Orléans.

Nous avons fait récemment, sur notre matériel à deux essieux et à grand écartement, une série d'expériences dans le but de démontrer, d'une part, la convergence des essieux en général, d'autre part, la possibilité d'augmenter leur écartement.

La voiture d'expériences BB 32521 (*) a un écartement d'essieux de $7^m,200$; elle est munie de la suspension à menottes ; le jeu longitudinal de la boîte d'essieu dans sa plaque de garde est de 10 millimètres de chaque côté, soit un jeu total de 20 millimètres.

Sur cette voiture on avait monté les appareils destinés à relever les déplacements des essieux.

Ces appareils, représentés sur la Pl. IX, *fig.* 1 à 5, comprenaient un mouvement d'horlogerie H, faisant déplacer régulièrement, au moyen de deux rouleaux A et B, une bande de papier sur laquelle s'enregistraient les

(*) On remarquera que la voiture BB 32521 a deux caisses reposant sur un même châssis neuf. Cette disposition a été adoptée pour permettre l'utilisation d'ancien matériel. — La voiture BB 32521 a été choisie, parce qu'elle présentait un grand écartement d'essieux. Nous avons dix-sept voitures dans ces conditions en service depuis 1895.

déplacements, au moyen de deux crayons mobiles, M, N, pour chaque essieu. La *fig.* 1, Pl. X, est la reproduction d'un des diagrammes obtenus.

Chaque crayon était commandé par un balancier vertical D, maintenu par un ressort à boudin R, et auquel le déplacement de l'essieu était transmis par un fil de fer horizontal F, reliant la partie inférieure du balancier à une vis V, fixée sur la boîte d'essieu.

En regard de chaque crayon mobile, il avait été placé un crayon fixe, dont la position avait été choisie de façon que la ligne tracée pendant toute l'expérience correspondît à la position normale ou moyenne de l'essieu.

Cette ligne droite devait servir de base pour la mesure du déplacement des essieux. Pour faire pratiquement le réglage des crayons fixes, il a suffi d'amener les essieux dans leur position moyenne ou normale, de relever la position correspondante des crayons mobiles et de disposer exactement en regard les crayons fixes.

Afin de bien apprécier l'influence de l'usure des bandages sur le déplacement des essieux, on a jugé utile de munir la voiture d'expériences, successivement :

1° D'essieux avec bandages neufs ;

2° D'essieux avec bandages ayant un creux de 2 millimètres ;

3° D'essieux avec bandages ayant un creux de 4 millimètres.

Dans ces conditions, la voiture d'essai, attelée à des trains circulant dans les deux sens entre Paris et Clermont (*viâ* Montluçon), a franchi des courbes de presque tous les rayons depuis 2.000 mètres jusqu'à 250.

Incidemment, on s'est préoccupé de faire rechercher quelle pouvait être l'action, sur le déplacement des essieux, du serrage du frein du simple ralentissement à l'arrêt.

Les diagrammes nombreux qui ont été relevés au

cours de ces expériences et dont l'un est reproduit en partie Pl. X, *fig.* 1, montrent que :

1° Dans les alignements droits (*fig.* 6, Pl. IX) les essieux restent très sensiblement parallèles et conservent une position voisine de la position normale ; dans quelques cas cependant, ils peuvent s'en écarter de 4 à 5 millimètres ; la plupart du temps, ils paraissent rester en arrière ; plus rarement ils paraissent se porter en avant ; mais ces différences peuvent être attribuées aussi bien à la position des lignes de base qu'au montage de la voiture ou à la nature de la voie ;

2° Dans les courbes, les essieux se déplacent et convergent. L'essieu d'avant se déplace très peu, tandis que celui d'arrière se déplace davantage, et, la plupart du temps, utilise le jeu total (10 millimètres) dans les courbes de 250 mètres à 300 mètres.

a) Dans les courbes de grand rayon, 2 à 3.000 mètres, et au dessus (*fig.* 7), la convergence des essieux, quoique faible, s'indique cependant sur la plupart des diagrammes ;

b) Dans les courbes de 1.000 à 1.500 mètres de rayon (*fig.* 8), la convergence des essieux s'accentue, et les déplacements des fusées sont de 3 à 5 millimètres environ pour l'essieu arrière et de 2 à 3 millimètres pour l'essieu avant ;

c) Dans les courbes de 5 à 600 mètres (*fig.* 9), la convergence est très nette ; les déplacements de l'essieu avant sont à peu près les mêmes que dans les courbes de 1.000 mètres : ils sont de 6 à 8 millimètres pour l'essieu d'arrière, atteignant parfois le jeu total (10 millimètres) ;

d) Dans les courbes de 250 à 300 mètres (*fig.* 10), l'essieu avant se déplace toujours à peu près de la même quantité, d'ailleurs assez faible, tandis que l'essieu d'arrière utilise presque constamment tout le jeu disponible.

Il n'a pas été constaté que les deux essieux à la fois eussent utilisé tout le jeu disponible ;

3° L'usure des bandages et des boudins ne paraît pas avoir une influence bien marquée sur le déplacement des essieux.

On constate cependant, dans le cas d'un creux de 2 millimètres, plus de mobilité de l'essieu que dans le cas de bandages neufs, en même temps que des déplacements plus accentués, mais toujours vers le centre de la courbe (*fig.* 11).

Dans le cas de creux de 4 millimètres (*fig.* 12), les essieux semblent moins facilement se déplacer, surtout dans les courbes à faible rayon, soit que le creux lui-même s'oppose au déplacement, soit que, par suite de l'usure du boudin inséparable de celle du bandage, le jeu du boudin sur le rail, se trouvant augmenté, permette l'inscription avec un moindre déplacement des essieux ; on trouve même parfois, dans ce cas, que l'essieu d'avant conserve en courbe la position qu'il avait dans la courbe inverse précédente, et, par suite, tend à diverger ; mais toujours cependant l'ensemble des deux essieux est convergent ;

4° Le sens de la marche et la vitesse en marche ne paraissent pas avoir d'influence ;

5° Pendant le serrage au frein continu, les essieux restent en arrière de leur position normale (*fig.* 13) ;

6° Quand la voiture n'est pas freinée, le ralentissement brusque et l'arrêt du train ne modifient pas la position des essieux.

Ces résultats, provenant d'expériences directes, indiquent bien que les essieux du matériel P.-O., montés avec boites à essieux très libres, prennent dans les courbes dont le rayon s'abaisse jusqu'à 250 mètres, une position se rapprochant beaucoup de la position radiale, c'est-à-dire de celle qui donne le meilleur roulement et le minimum de résistance à la traction.

Pour les voitures dont les essieux n'ont pas la même liberté, il a été constaté, il est vrai, pour ce matériel à deux essieux, une résistance à la traction bien plus grande que pour le matériel à bogies (*Revue des Chemins de fer*, avril 1897 : *Expériences sur le chemin de fer du Nord*) ; mais il faut remarquer que les essieux n'étaient pas libres de converger.

Nous avons constaté depuis longtemps (novembre 1892) cet avantage, au point de vue du roulement des voitures à bogies sur les voitures dont les essieux ne sont pas libres de converger.

Dans nos voitures à essieux libres, d'après des expériences nombreuses faites en 1894, avec wagon dynamométrique entre Paris et Orléans, nous avons trouvé, pour le matériel P.-O. à deux essieux libres, des résistances par tonne, en palier, qui sont plutôt inférieures aux résistances indiquées pour le matériel à bogies dans l'article cité plus haut, ainsi que le montre le diagramme *fig.* 5, Pl. X.

Je conclus, de ce qui précède, qu'avec la disposition adoptée pour la suspension (à anneaux, représentée par les *fig.* 2, 3 et 4, Pl. X) et avec le jeu longitudinal prévu aux boites d'essieux dans les plaques de garde et qui était de 10 millimètres de chaque côté, soit 20 millimètres au total, les essieux sont très suffisamment convergents pour qu'il n'y ait, en pratique, aucun inconvénient à adopter des écartements d'essieux de 7^{m},200.

Ces expériences ont, de plus, montré la possibilité d'atteindre des écartements plus grands (de 8^{m},200), à la seule condition de porter le jeu longitudinal des boites d'essieu dans les plaques de garde à 15 millimètres de chaque côté, soit 30 millimètres au total.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DU CANADA EN 1897.

	QUANTITÉS	VALEURS
1° *Métaux* (*).		
	tonnes métr.	francs
Cuivre	6.033	7.778.599
Plomb	17.699	7.235.699
Nickel	1.813	7.247.732
Mercure (en kilogrammes)	312 kg.	1.678
Argent (id.)	172.868 kg.	17.212.648
Or	—	32.064.200
Platine	—	34.188
Valeur totale des métaux		71.574.744
2° *Matières minérales.*		
	tonnes métr.	
Charbon	3.938.220	37.742.811
Coke	80.072	1.087.386
Pétrole	91.430	5.239.8[illegible]
Gaz naturel	—	1.688.022
Minerai de fer	72.504	925.749
Pyrites	39.533	604.661
Fer chromé	2.679	168.215
Ocre	3.967	122.041
Baryte	580	15.851
Gypse	243.526	1.266.671
Phosphate de chaux (apatite)	923	20.637
Castine	—	207.200
Pierres meulières	—	207.200
Sable de moulage	5.573	56.623
Feldspath	1.295	44.061
Argile réfractaire	1.954	29.832
Amiante	25.666	1.681.946
Mica	—	388.500
Sel	—	984.200
Eaux minérales	—	725.200
Minéraux divers (actinolite, graphite, manganèse, talc, tripoli)	—	51.800

(*) Soit à l'état de métaux fins, soit contenus dans les minerais.

La plus grande partie de la production du plomb et de l'argent est due à la Colombie anglaise, ainsi que le montre le tableau suivant.

Production minérale de la Colombie anglaise en 1897.

	QUANTITÉS	VALEURS
	tonnes métr.	francs
Charbon	896.980	13.719.551
Coke	18.117	461.823
Cuivre	2.416	1.379.216
Plomb	17.618 kg.	7.202.878
Or des placers (en kilogrammes)	798,5	2.660.034
Or des filons (id.)	3.301	10.996.208
Argent (id.)	170.209	16.953.290
Matières minérales diverses		785.288
Total		54.158.288

(*Extrait de l'*Engineering and Mining Journal.)

GITES DIAMANTIFÈRES DE LA RÉPUBLIQUE SUD-AFRICAINE.

Outre l'or et le charbon, qui constituent ses principales richesses minérales, le Transvaal possède des gisements de diamants qui commencent à faire l'objet d'une exploitation assez active. Ce sont, d'une part, des alluvions (river-diggings) situées près de Christiana et de Kromelleboog, dans le district de Bloemhof; d'autre part, à Rietfontein et Elandshoek, dans le district de Prétoria, des brèches volcaniques diamantifères très analogues à celles de Kimberley.

Le nombre des diamants déclarés ou enregistrés pendant l'année 1897 a été de 2.921, pesant 5.792 carats, d'une valeur estimée environ £ 11.500 ; mais, comme il n'existe pas de contrôle officiel suffisant de l'exploitation des mines de diamants, ce à quoi devra pourvoir la nouvelle loi sur les pierres précieuses, il y a lieu d'admettre qu'il a été trouvé plus de diamants qu'il n'en a été déclaré à l'administration.

Le nombre des personnes s'occupant de la recherche des pierres précieuses à la fin de 1897 ne peut être donné qu'approximativement : il était d'environ 650 blancs et 550 indigènes, et tendait à augmenter.

Voici quelques détails sur chacun des deux groupes de gisements.

Christiana. — Le nombre des claims concédés pour la recherche des diamants à Christiana est tombé :

De 19 claims à la fin de 1896
à 10 — 1897.

En 1896, 496 diamants, du poids de 814 carats, avaient été déclarés au *landdrost* de Christiana, tandis qu'en 1897 on en a fait enregistrer 1.333, pesant 3.170 3/4 carats. Le plus gros diamant trouvé était jaunâtre, pesait 59 carats et a été vendu £ 119.

Il est à remarquer que la production a sensiblement diminué pendant les derniers mois de l'année 1897. La cause doit en être attribuée à ce fait que, vers le mois d'août, des diamants ont été trouvés dans une ferme à environ 10 kilomètres de Christiana, la ferme de Kromelleboog, et que nombre de mineurs s'y sont précipités.

Le tableau suivant fait voir les progrès des recherches dans cette dernière localité :

	Nombre de claims concédés	Nombre de diamants trouvés	Poids en carats
En Août	11	5	7 3/4
» Septembre	49	34	45 3/4
» Octobre	73	161	309
» Novembre	97	380	752 1/2
» Décembre	154	641	1.266 1/4
		1.221	2.472 1/4

Le plus gros de ces diamants, de couleur claire, pesait 16 carats et a été vendu £ 63.

Environ 1.100 personnes, blancs et hommes de couleur, travaillaient sur ce point à la fin de l'année.

Les diamants de Christiana et de Kromelleboog se trouvent dans un dépôt d'alluvions, dans la vallée du Vaal. On ignore où se trouve le gisement primitif d'où ils proviennent, mais on présume qu'il doit être cherché entre Christiana et Bloemhof.

Le fond de la vallée consiste en schistes de couleur variant du gris foncé au vert foncé, que l'on croit appartenir à la formation des schistes de Kimberley. Ils sont recouverts de couches de grès que traversent de nombreuses veines de diabase.

Les alluvions qui remplissent la vallée se composent des couches suivantes qui ne sont, toutefois, pas régulières partout :

1° Galets, d'une épaisseur de 1m,25 au plus, de couleur rouge vif, mélangés de jaspe, d'agate et aussi de bois pétrifié ; c'est dans cette couche que l'on cherche les diamants;

2° Marne rougeâtre tournant au jaune, de plus de 3 mètres d'épaisseur, assez dure ;

3° Couche intermédiaire de galets d'un gris bleu, riche en diabase et en porphyre; contient quelques diamants;

4° Brèche calcaire d'eau douce d'un gris bleu, souvent très dure; épaisseur, environ 12 mètres;

5° Couche inférieure de galets, contenant beaucoup de cailloux roulés de minerai de fer; n'a pas encore été sérieusement explorée, mais a donné beaucoup de diamants près de Klipdam, dans le Griqualand West.

Les diamants trouvés, qui présentent une belle cristallisation et qui sont d'un poids moyen de 1 1/3 carat, offrent peu de traces d'usure par le frottement. Ils sont généralement très clairs, rarement jaunes; mais on en a trouvé aussi de noirs, d'enfumés, de bruns, de bleus, de verts et de rougeâtres.

La partie inférieure de la première couche de galets est aussi souvent traversée de veines de diabase, dans lesquelles se trouvent beaucoup de diamants, de même que derrière les cailloux roulés de grande dimension.

Les nombreux titulaires de claims opèrent, chacun pour leur compte, sur une petite surface, avec des moyens des plus primitifs ; aussi le travail n'est-il pas rémunérateur; mais il pourrait certainement le devenir, s'il était fait méthodiquement par des compagnies disposant d'un capital suffisant.

Prétoria. — On a découvert, il y a quelques mois, dans ce district, dans la ferme de Rietfontein, à environ 3 kilomètres E. N. E. de la station de Van der Merwe, un minerai diamantifère qui est exploité actuellement par la Cie *Schüller Diamond Mine*. La roche diamantifère est une brèche volcanique, qui ressemble beaucoup au *blue ground* de Kimberley, et traverse, sous la forme d'une cheminée, la formation sédimentaire composée de quartzite et de schistes avec couches intermédiaires de diabase. Autant que les travaux actuels permettent d'en juger, la cheminée a un diamètre d'environ 75 mètres. La formation diamantifère, ou la *terre bleue*, affleure à différents endroits; mais elle est généralement recouverte d'une couche de matière sablonneuse, ayant une épaisseur ne dépassant pas 10 mètres. Cette matière sablonneuse, provenant de la décomposition de la roche primitive, se

distingue du *yellow ground* de Kimberley, en ce qu'elle est plus foncée, et en ce qu'elle contient plus de minéraux d'une plus grande pesanteur spécifique, notamment du fer titané.

La compagnie s'est bornée, jusqu'à présent, à faire des lavages peu importants de la matière décomposée. La teneur en diamants est assez grande ; mais on n'a pas encore trouvé de pierres d'une belle eau, ni de grandes dimensions.

Le nombre des diamants trouvés à Rietfontein, jusqu'à la fin de l'année 1897, a été de 367, pesant 249 carats, d'une valeur de £ 242. La plus grosse pierre pesait 16 carats.

On peut s'attendre à une augmentation de la production, lorsque les machines, qu'on établit actuellement, seront en marche. La terre bleue de Rietfontein est très dure et offre une grande résistance à la désagrégation. La méthode employée à Kimberley, et qui consiste à exposer le *blue ground* à l'air pendant quelques mois, ne semble donc pas pouvoir être appliquée ici; on devra avoir recours à des machines pour broyer progressivement la matière.

Les nombreuses recherches effectuées autour de Rietfontein pour découvrir le *blue ground*, ont eu pour résultat la découverte d'indices d'une autre cheminée dans la ferme d'Elandshoek. Dans la partie découverte, le minerai diamantifère a une apparence tant soit peu différente de celle de Rietfontein, en ce sens qu'il est moins minéralisé.

Comme la ligne qui relie les deux points où se trouvent ces découvertes est parallèle aux monts Magalies, il est probable que ceux-ci forment la ligne de moindre résistance par laquelle la masse éruptive s'est fait jour à quelques endroits. La conclusion pratique qu'on pourrait en tirer est que, si l'on peut espérer d'autres découvertes, ce sera sans doute surtout dans cette direction.

On a parlé également de découvertes de diamants dans d'autres parties du pays ; mais les bruits qu'on a fait courir à ce sujet méritent confirmation. Il est néanmoins fort possible que des recherches ultérieures amènent à trouver de nouveaux gisements, dont l'importance pourrait n'être pas négligeable pour le marché des diamants.

(*Extrait du* Rapport relatif à l'année 1897 remis au Gouvernement de la République sud-africaine par M. J. Klimke, Ingénieur des Mines de l'État).

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES, CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 4 septembre 1898, fixant les conditions d'application du régime de l'admission temporaire en franchise des plombs.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes;

Vu l'article 5 de la loi du 5 juillet 1836;

Vu l'article 13 de la loi du 11 janvier 1892;

Vu l'article 2 de la loi du 3 mars 1898 (*);

Vu l'avis du ministre des finances ;

Vu l'avis du comité consultatif des arts et manufactures;

Décrète :

Art. 1er. — Est admis au bénéfice de l'admission temporaire en franchise le plomb brut en masses, saumons, barres ou plaques de toute origine, qu'il s'agisse ou non de plomb argentifère, c'est-à-dire de plomb contenant 25 grammes et plus d'argent par 100 kilogrammes.

Le bénéfice de cette disposition n'est applicable qu'aux plombs bruts, qui ne renferment pas plus de 10 0/0 d'antimoine.

Les limailles et débris de vieux ouvrages en plomb peuvent également être importés sous le régime de l'admission temporaire.

Art. 2. — Les importations de plomb sous le régime de l'admission temporaire ne peuvent avoir lieu qu'en vertu de crédits ouverts par des décisions concertées entre les ministres du commerce et des finances, après avis du comité consultatif des arts et manufactures. Un délai de trois ans est accordé pour faire usage de ces crédits.

Art. 3. — Peuvent seuls être admis à obtenir des crédits pour

---

(*) Voir *suprà*, p. 91.

l'admission temporaire de plombs bruts, les industriels qui emploient le plomb à la fabrication de leurs produits.

Art. 4. — Les demandes de crédit doivent être adressées au ministère du commerce ; elles doivent mentionner la destination, la nature des produits à réexporter, ainsi que la quantité à introduire. Les titulaires de crédits sont tenus de faire connaître à l'administration des douanes les bureaux par lesquels ils entendent effectuer les importations ainsi que la quantité de métal à introduire par chaque bureau.

Art. 5. — Les plombs bruts ne peuvent être importés pour l'admission temporaire, et les produits admis à compenser ces importations ne peuvent être exportés que par les ports d'entrepôt réel et par les bureaux ouverts soit au transit, soit aux marchandises taxées à plus de 20 francs les 100 kilogrammes.

Art. 6. — Il devra être justifié de l'arrivée des plombs admis temporairement dans les établissements autorisés à les mettre en œuvre. Le transport aura lieu sous l'escorte de la douane, quand les usines seront établies dans les localités mêmes où se trouve le bureau d'importation. Si les usines sont situées sur d'autres points, le chargement sera escorté jusqu'à la gare de chemin de fer ou jusqu'au bateau par lequel doit s'opérer le transport.

Les importateurs s'engageront par une soumission valablement cautionnée, et sous les peines de droit, à justifier, dans un délai déterminé, de l'arrivée des plombs à destination, soit par un certificat du bureau des douanes, s'il en existe un dans la localité, soit, dans le cas contraire, par un certificat du chef de gare du chemin de fer ou par la représentation de la lettre de voiture du batelier, revêtue du visa de l'autorité du lieu de destination. Ils devront, en outre, supporter les frais d'envoi des échantillons au laboratoire régional, toutes les fois que le service jugera devoir recourir à l'analyse pour les plombs bruts ou les produits exportés.

Art. 7. — Le délai pour la réexportation ou pour la mise en entrepôt des produits admissibles à la décharge des soumissions d'admission temporaire des plombs bruts est fixé à six mois. Les apurements s'effectueront poids pour poids, sans allocation de déchet.

Art. 8. — Le plomb argentifère peut être compensé par l'exportation de plomb désargenté en masses brutes, saumons, barres ou plaques.

Art. 9. — Le plomb désargenté, présenté à la décharge de sou-

missions relatives à des plombs argentifères, peut être constitué en entrepôt fictif dans les usines des désargenteurs, lorsque ces établissements sont situés dans des localités où il existe des bureaux de douane.

Les industriels qui ont obtenu des crédits d'admission temporaire peuvent s'approvisionner dans ces entrepôts du plomb désargenté nécessaire à leur fabrication; ce plomb donne lieu à de nouvelles soumissions, qui sont apurées dans les conditions fixées par les décisions ministérielles.

Art. 10. — 100 kilogrammes de plomb argentifère, quelle que soit la teneur du métal introduit, sont compensés par l'exportation de 100 kilogrammes de plomb désargenté en masses brutes, saumons, barres ou plaques.

Art. 11. — Le plomb argentifère et le plomb non argentifère importés temporairement sont compensés par l'exportation des produits fabriqués ci-après désignés et dans les conditions suivantes :

1° Plomb laminé, plomb filé : 100 kilogrammes de ces produits déchargent 100 kilogrammes de plomb brut;

2° Ouvrages en plomb pur, de toutes formes et dimensions, tels que tuyaux, grenailles, balles en plomb, etc. : 100 kilogrammes de ces ouvrages apurent 100 kilogrammes de plomb;

3° Ouvrages en plomb allié de zinc, d'étain ou d'autres métaux. — L'exportation de ces ouvrages donne lieu à la décharge d'une quantité de plomb admis temporairement égale à la quantité de ce métal qu'ils sont reconnus contenir. L'exportateur doit déclarer cette quantité, qui est contrôlée par le laboratoire régional. Des échantillons sont prélevés à cet effet;

4° Couleurs :

a) Verts résultant du mélange du chromate de plomb avec le bleu de Prusse : 100 kilogrammes de ces verts déchargent 50 kilogrammes de plomb;

b) Céruse broyée à l'huile : 100 kilogrammes de ce produit servent à apurer 80 kilogrammes de plomb;

c) Couleurs autres : peuvent seules être reçues à l'apurement des plombs admis temporairement les couleurs renfermant au moins 25 0/0 de plomb. Ces couleurs servent à décharger une quantité de plomb égale à celle qu'elles sont reconnues contenir. Cette quantité est déterminée par l'analyse et doit être préalablement déclarée par l'explorateur;

5° Cristaux à base d'oxyde de plomb : 100 kilogrammes de cristaux compensent 33 kilogrammes de plomb;

6° Produits chimiques à base de plomb :

a) Minium et céruse : 100 kilogrammes de ces produits déchargent 90 kilogrammes de plomb brut;

b) Litharge et autres oxydes de plomb : 100 kilogrammes compensent 95 kilogrammes de plomb ;

c) Acétate, chromate, nitrate et pyrolignite de plomb : 100 kilogrammes de ces produits déchargent 60 kilogrammes de plomb;

d) Autres sels de plomb non dénommés : lorsque ces produits renferment au moins 25 p. 100 de plomb, ils sont reçus à la décharge des comptes d'admission temporaire pour la quantité de plomb reconnue à l'analyse et que les exportateurs doivent préalablement déclarer. Les sels reconnus contenir moins de 25 p. 100 de plomb ne sont pas acceptés en compensation.

Art. 12. — Les permissionnaires sont tenus de présenter à la sortie et à l'appui des demandes de décharge des acquits-à-caution, des bordereaux certifiés et signés par eux, attestant que les produits exportés proviennent de leur propre fabrication.

Art. 13. — Toute substitution, toute soustraction, tout manquant, tout abus constatés par le service des douanes donneront lieu à l'application des pénalités et interdictions prévues par l'article 5 de la loi du 5 juillet 1836.

Art. 14. — Le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes et le ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 4 septembre 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,
E. MARUÉJOULS.

Le Ministre des finances,
P. PEYTRAL.

Décret du Président de la République, du 17 *septembre* 1898, *portant nomination de* M. GODIN, *sénateur, comme ministre des travaux publics, en remplacement de* M. TILLAYE.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

POLICE DES MINES ET CARRIÈRES. — ENVOI DES ARRÊTÉS PRÉFECTORAUX RÉGLEMENTAIRES.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 1er septembre 1898.

Monsieur le Préfet, en vertu de l'article 50 de la loi des 21 avril 1810-27 juillet 1880 (*) et dans les formes prévues par l'ordonnance du 26 mars 1843 (**), modifiée par le décret du 25 septembre 1882 (***), il vous appartient de statuer, après propositions des ingénieurs des mines, l'exploitant entendu, sur toutes les matières ressortissant à la police des mines.

Toutes les fois que vous aurez pris un pareil arrêté, non pour régler une circonstance spéciale et occasionnelle, mais pour imposer des mesures ayant le caractère d'un règlement permanent, soit pour une mine, soit pour tout un groupe de mines, vous voudrez bien me faire parvenir un exemplaire de ces actes. Vous me le transmettrez en double, si le règlement a été imprimé, ainsi que ce sera généralement le cas pour tous ceux de quelque importance.

L'ingénieur en chef des mines ne devra pas omettre de vous signaler, dès qu'il les recevra de vous, ceux de vos arrêtés que vous aurez ainsi à m'adresser.

Par application rétroactive à ces dispositions, vous voudrez bien m'envoyer, dans les conditions que je viens de vous indiquer, les arrêtés que vous auriez déjà pris, depuis la circu-

(*) Volume de 1880, p. 239.
(**) *Annales des Mines*, 1er volume de 1843, p. 900.
(***) Volume de 1882, p. 257.

laire du 25 juillet 1895, par application de ladite circulaire et du règlement-type qui y était joint.

Je vous serai obligé d'en agir de même, en ce qui regarde les arrêtés relatifs à l'exploitation des carrières.

Je vous prie de vouloir bien m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse directement ampliation aux ingénieurs en chef des mines.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics.
Pour le ministre et par autorisation :
Le conseiller d'État,
Directeur des routes, de la navigation et des mines,
QUINETTE DE ROCHEMONT.

CHEMINS DE FER. —
ÉCLAIRAGE DES TRAINS À LA TRAVERSÉE DES SOUTERRAINS.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 6 septembre 1898.

Messieurs, en attendant que l'éclairage si désirable de certains tunnels puisse être réalisé, il me paraît y avoir lieu d'apporter des améliorations à l'éclairage des trains pendant la traversée des souterrains.

Aux termes de l'art. 24 de l'ordonnance du 15 novembre 1846 (*), « les voitures fermées, destinées aux voyageurs, devront être « éclairées intérieurement pendant la nuit et au passage des « souterrains qui seront désignés par le ministre ».

Or les mesures actuellement en vigueur sur les différents réseaux pour l'application de la prescription ci-dessus ne semblent pas remplir complètement le but pour lequel elles ont été édictées.

Sur cinq réseaux, les voitures sont éclairées lorsque la longueur du tunnel dépasse 1.000 mètres; sur les autres, l'éclairage n'est obligatoire que pour les souterrains de plus de 1.200 mètres.

(*) *Annales des Mines*, 2e volume de 1846, p. 884.

Cette réglementation me paraît insuffisante. C'est moins, en effet, de la longueur d'un tunnel qu'il faut se préoccuper que du temps pendant lequel les voyageurs y sont engagés; aux abords des gares, notamment, il existe des souterrains d'une longueur de quelques centaines de mètres seulement, mais que les trains franchissent lentement, à cause du ralentissement de l'arrivée ou du peu de vitesse au départ.

Il y a lieu d'examiner s'il n'est pas possible de fixer sur la base du temps qu'exige la traversée du tunnel les prescriptions relatives à l'éclairage, et il semble, à première vue, qu'il convient de ne pas dépasser trente secondes pour la durée de l'intervalle pendant lequel les voyageurs sont laissés dans l'obscurité.

Je vous invite à étudier la question, en vous inspirant des considérations qui précèdent, et à me soumettre dans le plus bref délai des propositions.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
L. Tillaye.

CHEMINS DE FER. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — RÈGLEMENT DU 12 NOVEMBRE 1897. — DEUXIÈME MODIFICATION (*). — CARTOUCHES CHARGÉES POUR CANONS. — AMORCES ÉLECTRIQUES MUNIES DE DÉTONATEURS. — ACIDE CARBONIQUE LIQUÉFIÉ. — ACIDE SULFUREUX ANHYDRE LIQUÉFIÉ. — EXPLOSIFS DE SÛRETÉ. — CELLULOÏD. — SESQUISULFURE DE PHOSPHORE. — AMORCES ÉLECTRIQUES SANS DÉTONATEURS.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie du chemin de fer d

Paris, le 10 septembre 1898.

Messieurs, d'après l'avis de la commission d'examen des questions se rattachant à l'application du règlement du 12 novembre 1897 (**), relatif au transport par voie ferrée des matières dangereuses ou infectes, j'ai décidé qu'il y avait lieu d'introduire dans ce règlement les additions ou modifications ci-après :

(*) Voir *suprà*, p. 360, Circulaire du 5 mai 1898 (première modification).
(**) Volume de 1897, p. 489.

I. — Cartouches chargées pour canons.

1° L'article 6 sera complété par un dernier alinéa rédigé comme suit :

Peuvent également être transportées en vrac les cartouches pour canons composées d'une douille métallique contenant sa charge de tir et d'un projectile renfermant sa charge d'éclatement, à condition que les cartouches ne soient pas munies de leur étoupille de mise de feu et que les projectiles ne soient pas pourvus de leur fusée, ces deux artifices étant, pendant le transport, remplacés par des bouchons assurant une fermeture absolue.

2° A l'article 7 on ajoutera un avant-dernier alinéa ainsi conçu :

Les cartouches pour canons, composées d'une douille métallique et d'un projectile avec leurs charges respectives, dans les conditions prévues à l'article 6, doivent, lorsqu'elles sont expédiées en vrac, être arrimées soigneusement sur des sommiers en bois, dans des wagons fermés.

3° On inscrira à son rang, dans la colonne 1 *bis* de la table alphabétique, la mention :

Cartouches chargées pour canons (V. *Munitions de guerre de la 1re catégorie*).

II. — Amorces électriques munies de détonateurs.

1° On ajoutera les mots : *amorces électriques munies de détonateurs*, à la fin du dernier alinéa de l'article 3, § A, et à la suite de l'intitulé qui précède les articles 21 à 23.

2° L'article 21 sera complété par un quatrième alinéa ainsi rédigé :

Les amorces électriques munies de détonateurs seront placées, au nombre de cinquante au plus, dans des boîtes en carton ; ces boîtes seront emballées solidement et sans intervalles vides, dans des caisses en planches jointives de 18 millimètres au moins d'épaisseur, à couvercle vissé, dont le poids brut ne pourra pas dépasser 100 kilo-

grammes et qui devront être munies de poignées ou de liteaux, si ce poids excède 10 *kilogrammes.*

3° L'article 22 sera remplacé par le suivant :

Art. 22. — *Le chargement des pièces d'artifices, des mèches de mineurs munies d'amorces ou d'autres moyens d'inflammation et des amorces électriques munies de détonateurs, ne peut s'effectuer que dans des wagons couverts et à panneaux pleins.*

4° On inscrira à leur rang, dans la table alphabétique, les indications ci-après :

Amorces électriques munies de detonateurs (colonne 1 *bis*) ;
« 3⁴ (1°) » (colonne 2 *bis*) ;
« 4, 5, 21 *à* 23 » (colonne 3 *bis*) ;
« 136 *à* 140, 144 *à* 152 » (colonne 4 *bis*).

III. — Acide carbonique liquéfié.

1° On intercalera, à l'article 3, § *d*, entre l'acétylène comprimé et l'essence de térébenthine, l'alinéa :

Acide carbonique liquéfié, en récipients contenant au plus 25 *grammes de liquide.*

2° On fera suivre l'article 26 d'un article 26 *bis* ainsi conçu :

Art. 26 bis. — *Les prescriptions des articles* 24, 25 et 26 *ne s'appliquent pas aux petits récipients d'acide carbonique liquéfié dont il est question à l'article* 105 bis *ci-après.*

3° On ajoutera, sous l'intitulé :

Acide carbonique liquéfié, en récipients contenant au plus 25 *grammes de liquide,*

un article 105 *bis* dont la teneur sera :

Art. 105 bis. — *Les récipients contenant* 25 *grammes au plus d'acide carbonique liquéfié ne sont soumis qu'aux prescriptions suivantes :*

L'acide carbonique doit être pur de tout résidu d'air.

Les récipients doivent être chargés au maximum de 1 *gramme de liquide pour* 1^{cm^3},34 *de capacité.*

Ils doivent offrir, sous la responsabilité du fabricant d'acide carbonique qui en fait usage, une résistance suffisante. »

4° On portera à leur rang, dans la table alphabétique, les indications :

Acide carbonique liquéfié, en récipients contenant au plus 25 grammes de liquide (colonne 1 *bis*) :
« 3ᵈ (4ᵉ) » (colonne 2 *bis*) ;
« 4, 5, 26 bis » (colonne 3 *bis*) ;
« 105 bis, 166 » (colonne 4 *bis*).

IV. — Acide sulfureux anhydre liquéfié.

1° Les mots *acide sulfureux anhydre liquéfié* seront rayés dans le premier alinéa de l'article 3, § B, dans l'intitulé qui précède l'article 39 et dans les quatre alinéas de l'article 40 où ils se trouvent.

2° On intercalera, après l'article 42, sous l'intitulé :

Acide sulfureux anhydre liquéfié,

un article 42 *bis* dont la teneur suit :

Art. 42 bis. — *L'acide sulfureux anhydre liquéfié doit être renfermé dans des récipients, soit en fer forgé ou en acier doux, soit en cuivre ; ces récipients devront contenir au maximum 1 kilogramme de liquide par* $0^{lit},8$ *de capacité.*

Les récipients en fer ou en acier seront assujettis aux conditions spécifiées pour le phosgène aux articles 40 à 42.

Les récipients en cuivre seront soumis, avant leur mise en service, à une épreuve officielle constatant qu'ils supportent sans fuites ni déformations permanentes une pression de 15 kilogrammes ; ils ne pourront être expédiés de l'usine productrice plus de dix ans après la dernière épreuve, sans en subir une nouvelle.

Chaque récipient en cuivre portera une marque officielle placée à un endroit bien apparent, indiquant le poids du récipient vide, son poids quand il est rempli au maximum et la date de la dernière épreuve ; ces indications devront être poinçonnées par l'agent qui aura procédé à l'épreuve des récipients.

Quel que soit leur mode d'expédition ou de chargement, ces réci-

pients en cuivre devront être emballés dans des caisses solides en bois, permettant de vérifier facilement les marques officielles.

3° A l'article 180 on mentionnera l'article 42 *bis*, entre les articles 40 et 104.

4° Dans la table des matières, en regard des mots *acide sulfureux anhydre liquéfié*, on supprimera, à la colonne 3, les numéros des articles 40 et 42, et on mettra dans la colonne 3 *bis* le numéro de l'article 42 *bis*.

Ces dispositions annulent la circulaire du 9 mai 1898 (*), qui avait suspendu, en ce qui touche l'acide sulfureux anhydre liquéfié, l'application de l'article 40.

V. — Explosifs de sûreté.

Au deuxième alinéa de l'article 71, on substituera les mots *devront être garnies de poignées* ou *de liteaux*, à ceux de *devront être garnies de poignées* et *de liteaux*.

Cette substitution avait déjà été admise à titre provisoire par la circulaire ministérielle du 14 avril 1898 (**).

VI. — Celluloïd.

On complètera l'article 110 par un second alinéa ainsi rédigé :

Cette prescription ne s'applique pas aux colis formés d'objets manufacturés contenus dans des cartons, pourvu que chaque colis soit enfermé dans une enveloppe bien conditionnée, en très fort papier, et ne pèse pas plus de 10 kilogrammes.

VII. — Sesquisulfure de phosphore.

1° On inscrira le sesquisulfure de phosphore après le phosphore amorphe ou rouge dans le quartorzième alinéa de l'article 3, § *d*, et dans l'intitulé qui précède l'article 111.

2° L'article 111 sera remplacé par le suivant :

(*) Voir *suprà*, p. 363.
(**) Voir *suprà*, p. 331.

Art. 111. — *Le phosphore amorphe ou rouge et le sesquisulfure de phosphore doivent être renfermés dans des cylindres métalliques étanches, contenus eux-mêmes dans des caisses en bois faites de planches très jointives.*

3° A la table des matières on ajoutera le sesquisulfure de phosphore à son rang dans la colonne 1 *bis*, et, en regard, on mettra :

Dans la colonne 2 *bis*, la mention « 3e (4e) » ;

Dans la colonne 3 *bis* les numéros des articles 4, 5 *et* 111 ;

Enfin dans la colonne 4 *bis* celui de l'article 166.

VIII. — Amorces électriques sans détonateurs.

1° On fera figurer les *amorces électriques sans détonateurs*, à l'article 3, § D, avant les bonbons fulminants, après le point qui suit l'énumération des munitions de sûreté.

2° Dans l'article 98, premier alinéa, entre *amorces détonantes pour projectiles* et *les bonbons fulminants*, on ajoutera *les amorces électriques sans détonateurs*.

3° Le second alinéa du même article 98 sera remplacé par le suivant :

Les amorces électriques sans détonateurs et les bonbons fulminants, avant d'être emballés dans les caisses en bois, doivent être enfermés dans des boites en carton, à raison de cinquante au plus par boite pour les premières et de douze au plus par boite pour les seconds.

4° On inscrira à son rang, dans la colonne 1 *bis* de la table alphabétique, la mention :

Amorces électriques sans détonateurs (V. *Munitions de sûreté*).

Je vous prie de m'accuser réception de la présente dépêche et de faire rectifier, d'après les indications qu'elle contient, les exemplaires du règlement déposés dans les stations de votre réseau.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le conseiller d'État, Directeur des chemins de fer,

Lethier.

CHEMINS DE FER. — TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES OU INFECTES. — ÉPREUVES DES RÉCIPIENTS CONTENANT DES GAZ LIQUÉFIÉS OU COMPRIMÉS.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 20 septembre 1898.

Messieurs, une dépêche ministérielle du 28 mai dernier (*) avait fixé au 1er octobre prochain l'expiration du délai pendant lequel vous pourriez accepter les récipients contenant des gaz liquéfiés ou comprimés, sans exiger qu'il eût été satisfait aux prescriptions de la circulaire du 15 décembre 1897 (**), réglant les conditions dans lesquelles doivent être effectuées les épreuves officielles prévues, pour ces récipients, par les articles 25, 27, 29, 40 et 104 du règlement du 12 novembre 1897(**), relatif au transport par voie ferrée des matières dangereuses ou infectes.

D'après l'avis du service des mines, chargé de ces épreuves, j'ai décidé de proroger jusqu'au 1er avril 1899 le délai en question.

Je vous prie de prendre immédiatement des mesures pour l'exécution de cette décision et de m'en accuser réception.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
Pour le Ministre et par autorisation :
Le conseiller d'État, Directeur des chemins de fer,
LETHIER.

(*) Voir *suprà*, p. 363.
(**) Volume de 1897, p. 439 et 519.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

NOMINATIONS.

Décret du 4 septembre 1898. — Sont nommés Élèves-Ingénieurs de 3e classe au corps national des Mines, pour prendre rang à dater du 1er octobre 1898, les Élèves de l'École polytechnique dont les noms suivent :

MM. **Mérigeault** (Émilien);
Defline (André);
Parant (Maurice);
MM. **Vicaire** (André);
Vaudeville (Georges).

A dater du 1er octobre 1898, les Élèves-Ingénieurs ci-dessus désignés iront accomplir leur troisième année de service militaire en qualité de Sous-Lieutenants de réserve dans l'arme de l'Artillerie.

II. — Contrôleurs des mines.

CONGÉ.

9 *septembre* 1898. — Un congé d'un an, sans traitement, est accordé pour affaires personnelles à M. **Sarran**, Contrôleur de 3e classe, en congé illimité à Dap-Cau (Tonkin).

DÉCISIONS DIVERSES.

23 *septembre* 1898. — M. **Gourvest**, Contrôleur de 3e classe, attaché au service du Contrôle des tramways du département de la Seine et au service du Contrôle des lignes en exploitation, en construction ou à construire dans Paris, cesse d'être attaché à ce dernier service (*).

(*) Voir *infrà :* Arrêté du 5 septembre 1898.

23 *septembre*. — **M. Peyronnet**, Contrôleur de 4e classe attaché, dans le département de la Seine, au service du Contrôle des lignes en exploitation, en construction ou à construire dans Paris et au service du Contrôle des tramways du département de la Seine, passe au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest.

Il reste d'ailleurs attaché accessoirement au service du Contrôle des tramways du département de la Seine.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Arrêté du 5 *septembre* 1898. — Les lignes de chemins de fer en exploitation, qui font actuellement partie du service spécial de Contrôle des lignes dans Paris, sont rattachées ainsi qu'il suit aux services de Contrôle des réseaux de l'Ouest, du Nord et d'Orléans, savoir :

Ligne du Pont de l'Alma aux Moulineaux, section comprise entre le Champ-de-Mars et la halte de Javel. Ligne de Paris à Auteuil. Chemin de fer de Petite-Ceinture.	Contrôle du réseau de l'Ouest.
Raccordement de la ligne de Ceinture avec la gare du Nord.	Contrôle du réseau du Nord.
Prolongement de la ligne de Sceaux jusqu'à la place Médicis.	Contrôle du réseau d'Orléans.

Les services de Contrôle de la voie et des bâtiments et de l'exploitation technique de la ligne d'Auteuil et du chemin de fer de Petite-Ceinture continueront de former deux arrondissements spéciaux d'Ingénieur ordinaire, qui prennent, dans le service du Contrôle du réseau de l'Ouest, les nos 5 (voie et bâtiments) et 4 (exploitation technique) et restent respectivement confiés à MM. **Equer** et **Gauthier**, Ingénieurs ordinaires des Ponts et Chaussées à Paris.

Les services de contrôle des raccordements de la ligne de Ceinture avec la gare du Nord et du prolongement de la ligne de Sceaux seront compris dans les attributions des Ingénieurs ordinaires des Ponts et Chaussées et des Mines, attachés, à la résidence de Paris, au Contrôle des réseaux du Nord et d'Orléans.

Les lignes en construction ou en étude ci-après désignées, comprises dans le service du Contrôle des lignes dans Paris, sont réunies aux attributions des Ingénieurs en Chef dont les noms suivent :

Réseau de l'Ouest.	Prolongement de la ligne des Moulineaux jusqu'à l'Esplanade des Invalides; Ligne de Courcelles à Passy et au Champ-de-Mars.	M. **Massé**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, adjoint à l'Inspecteur général Directeur du Contrôle du réseau de l'Ouest.
Réseau d'Orléans.	Prolongement de la ligne d'Orléans jusqu'au quai d'Orsay. Prolongement de la ligne de Sceaux jusqu'au quai des Grands-Augustins.	M. **Debray**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, adjoint à l'Inspecteur général Directeur du Contrôle du réseau d'Orléans.

Ces lignes cesseront de faire partie du 1er arrondissement d'Inspection générale des Ponts et Chaussées et dépendront de la Direction du Contrôle des réseaux de l'Ouest et d'Orléans.

MM. **Pérard** et **Equer**, Ingénieurs ordinaires des Ponts et Chaussées à Paris, resteront attachés au service desdites lignes, le premier sous les ordres de M. l'Ingénieur en Chef **Massé**, et le second sous les ordres de M. l'Ingénieur en Chef **Debray**.

ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE.

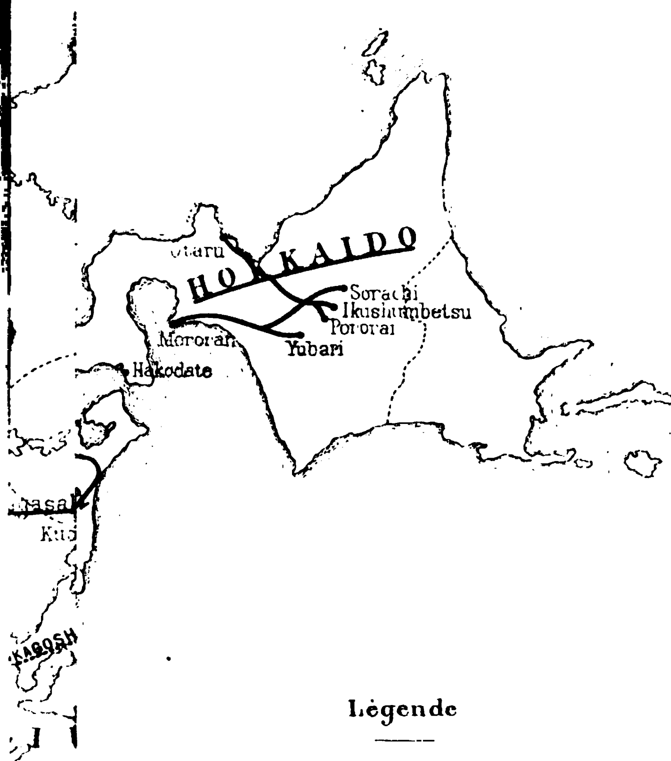
Par décision du Ministre des Travaux publics, en date du 3 septembre 1898, et d'après les résultats du concours de 1898, ont été admis à l'École des Mines de Saint-Étienne, les trente-cinq candidats dont les noms suivent, par ordre de mérite, savoir :

1 **Bartet.**
2 **Malraison.**
3 **Gonthier.**
4 **Perraut.**
5 **Bernier.**
6 **Dorsit.**
7 **Chavy.**
8 **Brunet.**
9 **Bresson.**
10 **Faussemagne.**
11 **Demoule.**
12 **Chion.**
13 **Drevet.**
14 **Herdhebaut.**
15 **Pré.**
16 **Houdard.**
17 **Poncet.**
18 **De Bonneville.**
19 **Vachon.**
20 **Grosjat.**
21 **Moutet-Fortis.**
22 **Vannière.**
23 **Cabane.**
24 **De Lanversin.**
24 *bis* **Masse.**
26 **Riollot.**
27 **Picard.**
27 *bis* **Revenu.**
29 **Baron.**
30 **Santenard.**
31 **Fessy.**
31 *bis* **De Saiserey.**
33 **Boyer.**
33 *bis* **Durupt.**
35 **Fournier.**

Pl. VIII.

CARTE DES GITES MINÉRAUX

DU JAPON



Légende

- Houille
- Cuivre
- Antimoine
- Or et Argent
- Chemin de fer

Auto-Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

ià3.l

e

pa
t di
de

de

mi

co

po
pal
o

a

Fig. 4 et 5. Disposition des Appareils

Echelle 1/20

Fig. 4. Elevation

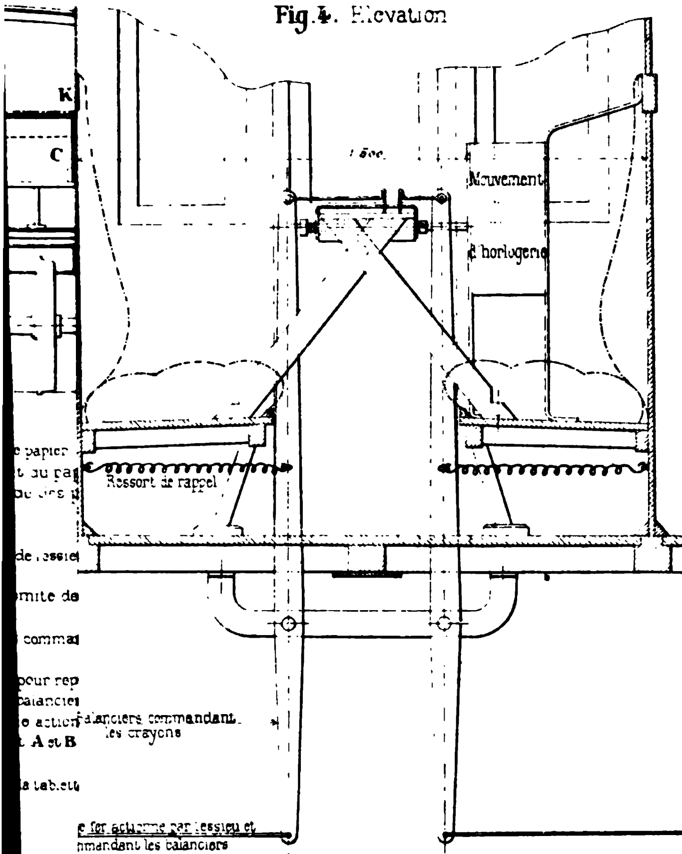
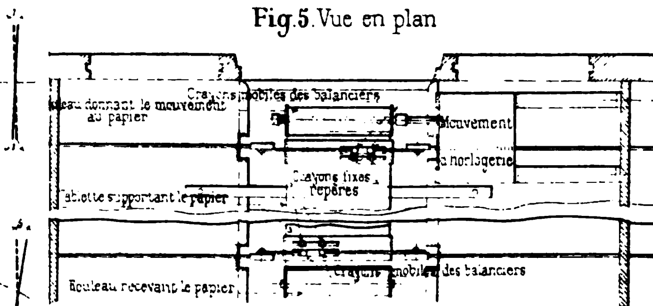
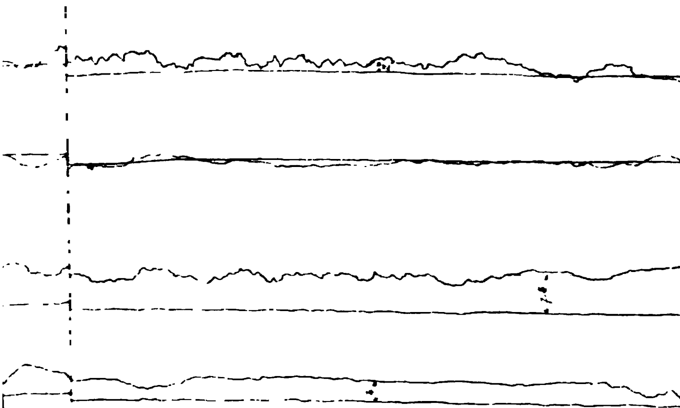


Fig. 5. Vue en plan

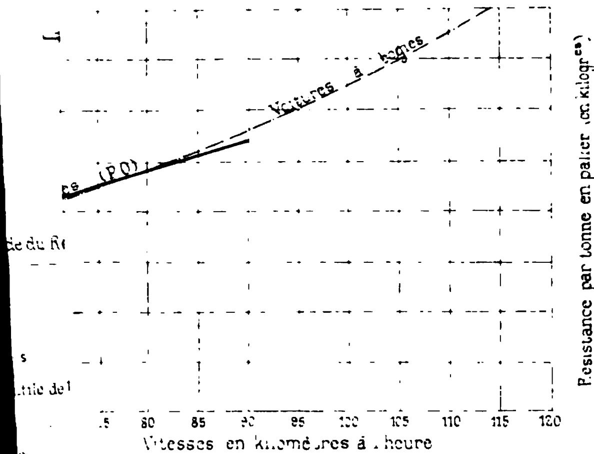


Autog-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



ab

Fig.5.



...be résultant des expériences faites sur les voitures à deux
...universaux de la Compagnie d'Orléans
...be résultant des expériences décrites dans la Revue des
...ins de fer Avril 189?

Série.

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

**

EXPLICATION DES PLANCHES.

NOVEMBRE.

Pl. VIII. — Carte des gîtes minéraux du Japon.
Pl. IX et X. — Étude sur la convergence des essieux dans les voitures à grand écartement d'essieux de la Cie d'Orléans.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

L'Éditeur Gérant : Vve Dunod

ANNALES

DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME XIV.

12e LIVRAISON DE 1898.

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

1898

TABLE DES MATIÈRES.

DÉCEMBRE.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

BULLETIN.

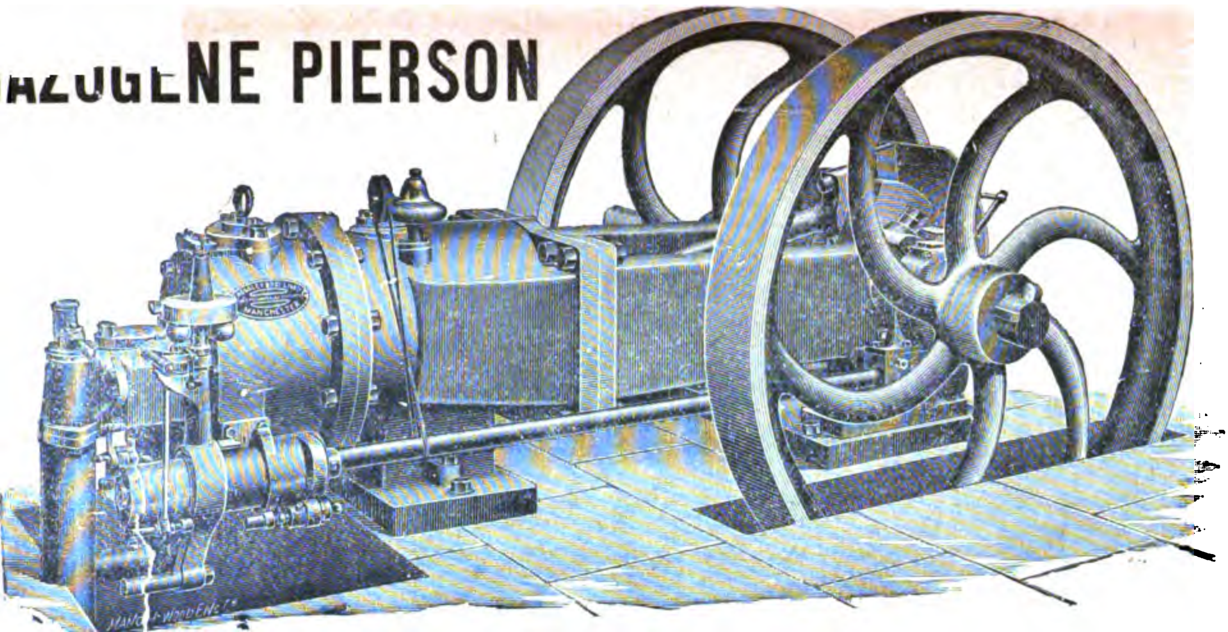
BIBLIOGRAPHIE.

Octobre.

(*Voir la suite à la 3e page de la couverture.*)

MOTEURS A GAZ CROSSLEY

GAZOGÈNE PIERSON



Le Moteur à gaz CROSSLEY, alimenté par le gazogène Pierson, ne consomme que ***600*** à ***700*** grammes d'anthracite par cheval et par heure. Le gaz Pierson pour chauffage industriel revient à ***un centime*** le mètre.

PIERSON, 54, faubourg Montmartre, Paris

MAGASIN D'EXPOSITION : 47, RUE LAFAYETTE

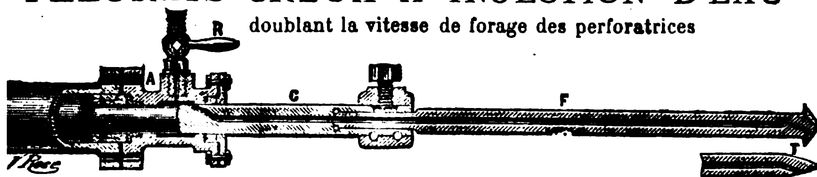
C. BORNET, Ingénieur, 10, rue Saint-Ferdinand, PARIS

ERFORATRICES ROTATIVES et à PERCUSSION

mues à bras ou par l'eau, la vapeur et l'**Electricité**

FLEURETS CREUX A INJECTION D'EAU

doublant la vitesse de forage des perforatrices



APPLICATION AUX MINES, CARRIÈRES ET TRAVAUX PUBLICS

Prospectus et renseignements franco sur demande

USINE DU COQ FRANÇAIS

Manufacture générale de caoutchouc souple et durci à ROUBAIX (Nord)

ÉMILE DEGRAVE

INGÉNIEUR BREVETÉ S. G. D. G.)

TÉLÉGRAPHE : Emile DEGRAVE, Roubaix.

COURROIE BALATA

TÉLÉPHONE

Spécialité de Caoutchouc pour l'Industrie

NOUVEAUX SEGMENTS FLEXIBLES ANTIFRICTION (Brevetés)

Pour garnitures de Pistons, de Pompes et de Condensateurs combinés d'acier et de caoutchouc

(Composition antifriction). — **Demander Tarifs**

COMPAGNIE FRANÇAISE

POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

THOMSON - HOUSTON

CAPITAL : **25.000.000** DE FRANCS

Transmission de l'Énergie à grande distance

PAR COURANTS TRIPHASÉS

TRANSFORMATEURS DE 1.000 A 65.000 WATTS

Convertisseurs de courant triphasé en courant continu

TRACTION ÉLECTRIQUE

EN EUROPE : Le Havre. — Lyon. — Rouen. — Bordeaux. — Roubaix
Tourcoing — Le Raincy. — Milan. — Varese. — Rome. — Porto
uxelles. — Belgrade. — Dublin. — Bristol. — Leeds. — Gotha. — Brême. — Hambourg. — Erfurt
Remscheid. — Barmen. — Elbing. — Munich. — Elberfeld. — Wiesbaden

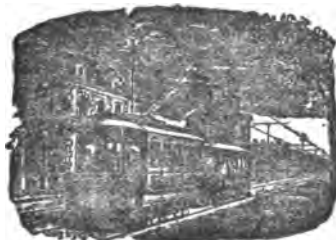
EN SERVICE

INS LE MONDE ENTIER

—

.000 kilomètres de ligne

23.000 voitures



ÉCLAIRAGE A ARC

ET A INCANDESCENCE

—

INDUSTRIE MINIÈRE

PERFORATRICES À ROTATION et À PERCUSSION

HAVEUSES

Locomotives basses pour mines

PARIS, 10, Rue de Londres, PARIS

J. & A. NICLAUSSE

Société des Générateurs inexplosibles (Brevets Niclausse)

PARIS, 24, rue des Ardennes, PARIS

APPLICATIONS DANS TOUTES LES INDUSTRIES:

Force motrice, Eclairage électrique, Chauffage, Utilisation des gaz perdus, etc.
Type semi-multitubulaire à grande réserve de chaleur pour différentes industries.
Type spécial pour les installations dans les maisons habitées.

	Chevaux		Chevaux		Chevaux
Ville de Paris	5.000	MM. Lebon et Cie Valence	1.200	Grands Magasins :	
Compagnie Fresne	3.000	— Cadix	900	— Bon Marché	[illegible]
Soc. Ind. de Produits Chim.	3.000	— le Caire	900	— Pont-Neuf	[illegible]
Soc. Normande d'Electricité	2.500	— Grenade	600	— Ville de St-Denis	[illegible]
Cie Générale d'Electricité	2.000	— Dieppe	600	— Pygmalion	[illegible]
Maison Ménier (Noisiel)	1.000	— Alexandrie	350	— Gagne-Petit, etc., etc.	
Tour Eiffel	600	— Barcelone Alméria	—	Arsenal de Brest	[illegible]
etc., etc.		etc., etc.		etc., etc.	

Stations centrales (Plus de 50.000 chevaux).

TYPE MARINE (Plus de 200.000 chevaux)

Marine militaire française	Chevaux	Marines militaires étrangères	Chevaux	Marine de commerce	Chevaux
Croiseur cuirassé *Gueydon*	20.200	Croiseur *X.* (en construction aux chantiers	20.000	Remorqueurs du Rhône	[illegible]
Croiseur cuirassé *Kléber*	18.000	Cuirassé *Y.* Cramp.-Philadel.)	15.000	Cie Générale des Bateaux Parisiens	
Cuirassé *Suffren*	16.500	Cuirassé *Le Maine*	16.000	25 bateaux (150 chevaux chacun),	
Cuirassé *Marceau*	14.000	Croiseur cuirassé *Ferruccio*	14.000	nouvelle flotte p. l'Exposition de 1900	
Cuirassé *Henri IV*	11.500	Croiseur *Cristobal-Colon*	14.000	D'Abbadie, Paquebot de la Compagnie	
Croiseur *Friant*	9.000	Croiseur cuirassé *Garibaldi*	14.000	Fluviale de Cochinchine	1.[illegible]
Cuirassé *Requin*	7.000	Croiseur *Freya*	10.000	René-André, Remorqueur *St-Nazaire*	
Croiseur-torpilleur *Fleurus*	4.000	Cuirassé *Pelayo*	9.000	Pierre-André (Cargo-boat) *Le Havre*	
Torpilleur *Téméraire*	1.500	Croiseur *Gazelle*	7.000	Remorqueur *Le Marseillais* n° 15.	
etc., etc.		etc., etc.		etc., etc.	

Navigation de plaisance

Yacht *Almée* (M. H. Ménier).	Yacht *Président-Carnot* (M. Sâtre).	Yacht *Walkyrie* (M. G. Eiffel).
Yacht *Nemo* (M. Beaudouin).	Yacht *St-Hubert* (M. C. de Langlade).	Yacht *Sequana* (M. E. Cau in.).
Yacht *Julie* (M. G. Ménier).	Yacht *La Bacchante* (M. H. Ménier).	etc., etc.

PRINCIPAUX AVANTAGES OFFERTS PAR CES GENERATEURS:

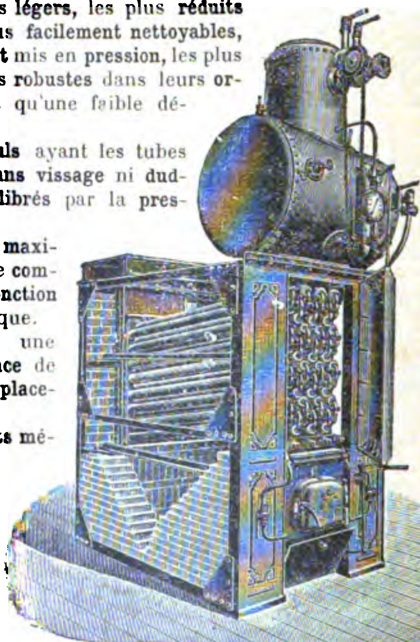
Ils sont les plus **légers**, les plus **réduits** en **volume**, les plus facilement nettoyables, les plus **rapidement** mis en pression, les plus **simples**, et les plus robustes dans leurs **organes**, n'exigeant qu'une faible dépense d'entretien.

Ils sont les **seuls** ayant les tubes **seulement posés sans** vissage ni dudgeonnage et **équilibrés** par la pression.

Ils donnent le **maximum d'économie** de combustible sans **adjonction** d'appareil quelconque.

Ils fournissent une plus grande **surface de grille** dans un **emplacement déterminé.**

Ils ont des **joints** métalliques absolument **assurés**, ils ne comportent que des **pièces interchangeables**, ils ont des **tubes droits aisément nettoyables.**



En cas de **changement d'un tube,** ils sont les **seuls** ne **demandant** que la **sortie** de ce **seul tube**; cette manœuvre s'exécute **exclusivement** par la **chambre de chauffe** et en moins d'**une minute** par les **chauffeurs.**

Ils ont **dépassé** les **plus hautes vaporisations** et les plus **fortes combustions** sans autres accessoires que ceux des chaudières ordinaires et sans amener aucune **déformation** du **faisceau tubulaire,** composé de **tubes droits,** qui sont à dilatation complètement libre.

Rapidité de mise en pression. Changement brusque d'allure et passage très prompt d'une **combustion ordinaire** aux **combustions forcées** sans aucun incident.

Devis. — Références. — Renseignements sur demande

SOCIÉTÉ ANONYME

HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MINE

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS ET CHARBO

VOIR L'ANNONCE J.-J. HEILMANN. PAGE 9

FOYERS MELDRUM

BREVETÉS S. G. D. G.

Protégés par des marques de fabrique et par plus de 22 BREVETS dans tous les pays

MARQUE DE FABRIQUE



DÉPOSÉE.

FACILEMENT ADAPTÉS DANS 24 A 48 H. A TOUS LES SYSTÈMES
DE CHAUDIÈRES ET FOURS

Concessionnaires : JULES CHAGOT ET C

Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire)

Efficacité extraordinre combinée avec la plus grande simpli

Fumivorité suivant l'ordonnance de M. le Préfet de Pol

NI VENTILATEUR, NI MACHINE MOTRICE

Les Grilles conservées plusieurs années

Pas de Réparation. - Pas de Hautes Cheminées nécessair

Utilisation des Combustibles les plus pauvres, comme P Charbon et de Coke, Résidus de lavoirs à Charbons, fours métalliques, etc. — Plus de 50 0/0 d'économie souvent et pouvoir d'évaporation accrû de 25 à 100 0/0, suivant des des autorités françaises les plus connues.

PLUS DE 6.600 FOYERS MELDRUM

Installés depuis 1890, fonctionnant à toute satisfacti dans les Usines à Gaz, Houillères, Filatures et Tissag Etablissements Métallurgiques, Electricité, etc.

ENTRE AUTRES :

Société Cockerill, à Seraing, en Belgique. — 7 installations.
MM. Jules Chagot et Cie, Mines de Blanzy, à Montceau-les-Mines, en France. — 85 installa
La Compagnie du Chemin de fer du Nord, à Paris. — 24 installations.
La Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, à Paris. — 1 installation.
La Compagnie Electrique du secteur de la Rive gauche, de Paris. — 2 installations.
La Compagnie de Béthune, à Bully. — 10 installations.
La Société des Charbonnages du nord du Flénu, à Ghlin, en Belgique. — 10 installa
La Compagnie des Mines de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux. — 16 installations.
La Maison Breguet, à Paris. — 5 installations.

Pour tous renseignements, s'adresser à* F.-A. NOËL, *Agent Géné

Bureau : 5, rue Greffulhe, Paris. — Usine : 22, avenue d'Argenteuil, Asnières (Seine

COMMISSION DU GRISOU.

SUR
UN
NOUVEL ALLUMEUR DE SURETÉ
SYSTÈME "DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C[ie]".

I. — RAPPORT PRÉSENTÉ A LA COMMISSION

Par M. G. CHESNEAU, Ingénieur en chef des Mines.

Par dépêche du 10 décembre 1897, M. le Ministre des Travaux publics a soumis, pour examen et avis à la Commission du grisou, un nouveau système d'allumeur de sûreté pour le tirage des coups de mines dans les houillères grisouteuses, présenté par MM. Davey, Bickford, Smith et C[ie], fabricants de dynamite et de détonateurs à Rouen.

Des échantillons de ces allumeurs et les appareils nécessaires à leur essai nous ont été présentés le 11 décembre par M. Harlé, Ingénieur de cette Société, qui les a fait fonctionner devant nous et nous les a confiés pour en poursuivre ultérieurement les essais dans les milieux explosifs.

On sait que, au moment de la mise du feu à la mèche, il se produit pendant quelques secondes une fusée de gaz chauds avec crachement de grains de poudre en pleine combustion, susceptible d'allumer le grisou : plusieurs dispositifs ont déjà été proposés pour éviter cette inflammation en confinant les gaz produits par l'allumage de la

mèche soit dans un espace clos, soit dans une lampe de sûreté, d'où on ne retire la mèche que lorsque la combustion de la poudre est assez avancée dans celle-ci pour qu'il n'y ait plus au dehors de projections de particules incandescentes (combustion sur une dizaine de centimètres environ).

Un certain nombre d'appareils de ce genre, en usage dans les houillères, ont été décrits dans les *Annales des Mines* (*), les uns employant l'allumage par une amorce fulminante (pistolet des mines de Lens), les autres, l'allumage par la lampe de sûreté (lampe de Johnson et Howatt, lampe Petit), d'autres enfin en utilisant l'échauffement de l'air par compression brusque (briquet pneumatique Bourdoncle).

Avec ces différents appareils, il faut toujours attendre plusieurs secondes pour passer d'un coup de mines au suivant, ce qui limite notablement le nombre des coups que l'on peut allumer en batterie, et exige l'emploi de mèches assez longues.

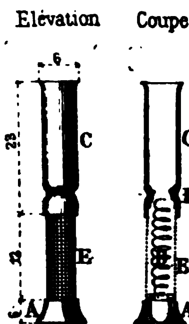
La maison Davey, Bickford, Smith et Cie de Rouen, avait déjà tenté de remédier à ces inconvénients au moyen d'un allumage par réaction chimique (**): une petite ampoule de verre contenant de l'acide sulfurique, entourée d'un mélange de chlorate de potasse et de sucre, et placée dans un tube en cuivre, communiquait le feu, par suite de l'échauffement produit en écrasant l'ampoule avec une pince spéciale, à la mèche sertie à une extrémité du tube, tandis que les gaz se dégageaient par l'autre extrémité munie de rondelles de toiles métalliques. Cet allumeur, essayé avec succès dans plusieurs houillères, avait donné de nombreux ratés dans d'autres ; entre autres inconvé-

(*) *Note sur l'allumage des coups de mines dans les exploitations grisouteuses*, par M. L. Janet, Ingénieur au Corps des Mines (*Ann. des Mines*. 1891, 9e série, t. I, p. 351).
(**) *Ibid.*

nients, il présentait ceux d'être un peu délicat pour être mis entre les mains d'ouvriers, et de pouvoir se déchirer pendant l'écrasement de la région contenant l'ampoule d'acide sulfurique.

Le nouvel allumeur, imaginé par la même maison et soumis à la Commission du grisou, permet, comme le précédent, d'allumer la mèche dans une atmosphère grisouteuse et de l'abandonner immédiatement, aussitôt allumée, tout en étant d'un maniement beaucoup plus simple et en supprimant les dangers de déchirure de l'enveloppe de l'allumeur.

Ce résultat est atteint par l'emploi d'une capsule-amorce spéciale présentant en petit la disposition d'une lampe Davy. Elle est, en effet, constituée, ainsi que le montre le croquis ci-contre :



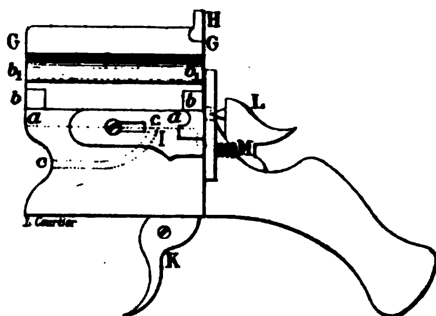
1° D'une amorce A au fulminate, renforcée ;

2° D'une spirale B en laiton, imprégnée d'une petite quantité de pulvérin ;

3° D'une gaine en laiton C, dans laquelle est introduite la mèche jusqu'à un diaphragme D formant butoir ;

4° D'un tissu métallique E en fils de laiton très fin de $33 \times 33 = 1.089$ mailles au centimètre carré, empêchant le contact direct des produits de la combustion et de l'atmosphère extérieure, comme dans une lampe de sûreté, et fortement serti sur l'amorce d'une part, sur la gaine C de l'autre, qu'elle réunit ensemble. La spirale B empêche les déformations de ce tissu pendant l'emploi ou le transport de ces allumeurs. Il n'y a pas de couture longitudinale dans le tissu dont l'étanchéité est obtenue par un recouvrement du tissu sur lui-même d'une demi-circonférence environ.

Pour tirer le coup de mine, on introduit la mèche à fond dans la gaine C, on la sertit fortement vers l'extrémité de la gaine avec un outil spécial, servant aussi à couper les mèches, puis on place l'allumeur dans un pistolet disposé de manière à pouvoir introduire l'allumeur, faire partir l'amorce par percussion et dégager l'allumeur dans un temps extrêmement court ; on peut ainsi, avec quelque habitude, allumer une volée de coups de mines en



quelques secondes. Dans ce but, le logement de l'allumeur dans le pistolet est disposé comme le montre le croquis ci-dessus : un canal *aa* dans le corps du pistolet permet d'encastrer l'allumeur à moitié de son épaisseur, et un chapeau GG, mobile autour d'une charnière *bb*, portant en creux un canal demi-cylindrique b_1b_1, achève d'assujettir l'allumeur en le rabattant autour de la charnière, jusqu'à ce que l'ergot H dont il est muni soit pris dans l'encoche du verrou à ressort I.

Il suffit alors d'actionner la gâchette K du pistolet pour que le chien L se soulève, puis se rabatte et fasse partir l'amorce.

Un canal *cc* permet l'évacuation des fumées. Aussitôt l'amorce partie, il suffit de pousser le bouton M pour dégager l'ergot H, et le chapeau GG, sollicité par un ressort antagoniste (placé derrière sur le dessin, où il n'a

pu être figuré), se relève de lui-même, permettant ainsi de dégager l'allumeur et de passer au coup de mine suivant (le croquis ci-joint représente le chapeau GG relevé).

Nous avons fait fonctionner l'appareil dans des mélanges explosifs au maximum d'inflammabilité soit d'air et de formène, soit d'air et de gaz d'éclairage, en nous plaçant dans les conditions les plus favorables à la propagation d'une explosion au dehors du tissu métallique : pour cela nous avons allumé les mèches amorcées placées en plein courant explosif sans rabattre le chapeau G, en maintenant avec la main (convenablement protégée) l'allumeur dans son logement. Nous n'avons obtenu dans ces conditions *aucun* allumage du mélange explosif, sur trente mèches allumées dans le formène et trente mèches allumées dans le gaz d'éclairage (*) ; on peut donc admettre que l'allumeur Davey, Bickford, est d'un très haut degré de sécurité.

On peut constater, au moment où le fulminate fait explosion, une sortie *au dehors* du tissu métallique d'une lueur rouge sombre extrêmement courte, mais trop rapide et trop refroidie déjà pour allumer le mélange explosif; la combustion du pulvérin qui imprègne la spirale, pas plus que le crachement de la mèche, ne projette aucune particule incandescente au dehors du tamis.

On peut se demander si l'on ne pourrait pas remplacer le tamis E par une partie pleine suffisamment résistante pour supporter sans se fendre la compression des gaz de la combustion, ce qui serait évidemment beaucoup plus simple et moins coûteux que le tamis lui-même ; mais, bien qu'il y ait, en somme, très peu de matière explosive

---

(*) Nous avions constaté que le crachement de la mèche allumée à l'air libre enflamme à *tout coup* le gaz d'éclairage et très rarement le formène; les expériences dans le gaz d'éclairage sont donc particulièrement concluantes. Les mèches employées étaient de fabrication extrêmement soignée.

en jeu, sa force de projection serait suffisante pour lancer au dehors la mèche même assez bien sertie, étant donné que la matière de la mèche est assez plastique ; nous avons en effet constaté que, si l'on ne sertit pas la mèche dans la gaine C de l'allumeur Davey, Bickford. elle est projetée avec une certaine force, malgré l'évacuation des gaz de la combustion par les mailles du tamis. Nous n'avons eu d'ailleurs, dans aucune expérience faite après sertissage, de projection de la mèche hors de sa gaine.

En résumé, les expériences auxquelles nous avons procédé nous permettent de conclure que l'allumeur de sûreté du système « Davey, Bickford, Smith et C[ie] », présente un très haut degré de sécurité, tout en permettant un allumage rapide des coups de mines et qu'il mérite, comme quelques-uns des autres appareils similaires décrits antérieurement dans les *Annales des Mines*, d'être signalé à l'attention des exploitants de houillères grisouteuses.

II. — AVIS DE LA COMMISSION DU GRISOU

La Commission adopte les conclusions du rapporteur et émet l'avis qu'il y a lieu de proposer à M. le Ministre des Travaux publics l'insertion du rapport de M. Chesneau aux *Annales des Mines*.

BULLETIN DES TRAVAUX DE CHIMIE

EXÉCUTÉS EN 1896

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES

DANS LES LABORATOIRES DÉPARTEMENTAUX.

I. — LABORATOIRE D'ALAIS.

Travaux de M. COIGNARD, Contrôleur des Mines. (Extrait.)

Eaux minérales.

a à *d*. Eaux minérales de Vals-les-Bains (Ardèche).

a. Source Clairette.
b. Source Saint-Charles-des-Gourmets.
c. Source la Favorisée.
d. Source Saint-Raphaël.

e. Eau minérale de Condillac (Drôme).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*
	grammes	grammes	grammes	grammes	grammes
Bicarbonate de soude	4,491	0,438	0,901	0,571	0,305
— de potasse	0,478	0.027	0,199	0,157	0,069
— de chaux	0,144	0,555	0,367	0,278	1,499
— de magnésie	0,157	0,218	0,214	0,141	0,173
— de fer	0,026	0,007	traces	0,055	0,011
Chlorure de sodium	0,133	0,012	0,207	0,012	0,035
Sulfate de soude	0,101	0,021	0,238	0,105	0,012
Silice	0,079	0,049	0,021	0,051	0,009
Acide carbonique libre	1,830	2,039	0,671	0,518	1,355

II. — LABORATOIRE DE L'ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE.

Travaux effectués sous la direction de M. BABU, Ingénieur des Mines. (Extrait.)

Eaux minérales.

a. Eau de la source Bienfaisante, à Vichy.

	grammes
Résidu desséché à 180° (par litre)	4,504
Acide carbonique libre	1,426
Anhydride sulfurique	0,1662
Soude	2,259
Potasse	0,119
Chaux	0,0734
Magnésie	0,0190
Oxyde de fer	0,0020
Chlore	0,4391
Silice	0,0610
Acide phosphorique	traces

b. Eaux minérales de Saint-Romain-le-Puy (Loire).

	Source Fortfort	Source Parot	Source naturelle
	grammes	grammes	grammes
Résidu desséché à 180°	3,4827	3,0403	2,9849
Acide carbonique total	4,7450	4,4075	3,9865
Silice	0,0893	0,0775	0,0854
Chlore	0,1141	0,1016	0,0969
Anhydride sulfurique	0,0088	0,0059	0,0081
Potasse	0,1450	0,1340	0,1106
Soude	1,4493	1,2609	1,2638
Lithine	traces	traces	traces
Chaux	0,1784	0,1770	0,1553
Magnésie	0,1736	0,1463	0,1369
Oxyde de fer	0,0146	0,0076	0,0084

c. Eaux minérales de Saint-Galmier (Loire).

	Robinet de la commune	Source Badoit	
	grammes	grammes	grammes
Résidu desséché à 180°	1,2334	1,2193	0,9928
Acide carbonique total	2,3195	1,9285	1,6076
Chlore	0,0781	0,0757	0,0578
Silice	0,0331	0,0327	0,0308
Anhydride sulfurique	0,0389	0,0407	0,0315
Potasse	0,0332	0,0252	0,0188
Soude	0,2716	0,2664	0,2221
Chaux	0,2007	0,1821	0,1598
Magnésie	0,1288	0,1465	0,1164
Oxyde de fer	0,0044	0,0048	0,0052

III. — LABORATOIRE D'ALGER.

Travaux de M. SIMON, Contrôleur des Mines. (EXTRAIT.)

1° *Lignite.* — Analyse d'un lignite provenant de Marceau et remis par M. l'Ingénieur des Mines Jacob :

Eau	14,54
Matières volatiles / Carbone fixe	66,86
Cendres	18,60
	100,00

2° *Concrétions ferrugineuses.* — Analyse de géodes ferrugineuses sphériques trouvées dans les environs de Fort-Mac-Mahon, remises au laboratoire par M. Laquierre, commandant du Bureau des affaires indigènes à Alger.

Ces géodes, de forme presque parfaitement sphérique, ont l'aspect extérieur de petits boulets de $0^m,25$ à $0^m,30$ de diamètre et sont formées :

1° A l'extérieur, d'une croûte de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, qui se sépare facilement sous le marteau ;

2° D'une partie moyenne moins dure, formée de sable ferrugineux aggluliné ;

3° D'une cavité intérieure remplie de sable brun rouge.

Pour l'une de ces géodes, ou plutôt concrétions ferrugineuses, du poids de 32 grammes, nous avons isolé chaque couche pour en opérer séparément l'analyse. Nous avons obtenu par dessiccation les résultats suivants :

	CROUTE EXTÉRIEURE	PARTIE MOYENNE	PARTIE SABLEUSE INTERNE
Perte au rouge	4,11	1,9	1,19
Silice (très blanche) et sable	64,02	77,10	89,16
Sesquioxyde de fer	29,92	20,44	9,30
Alumine	0,98		
Chaux et corps non dosés	0,97	0,56	0,35
	100,00	100,00	100,00

Il résulte de cette analyse que la proportion de fer décroît avec la dureté de l'extérieur à l'intérieur.

Ces boules semblent donc s'être formées sous l'action d'un milieu chargé de fer ayant d'abord agglutiné le sable, qui, roulé ensuite, aurait pris la forme sphérique, tout en continuant de durcir sous l'action incrustante de ce milieu.

L'analyse d'un fragment de la croûte extérieure d'une boule semblable aux précédentes, mais plus épaisse, provenant du M'Zab et remis par M. l'Ingénieur des Mines Jacob, a donné :

Sexquioxyde de fer................. 36,57 p. 100.

Une note de M. l'Ingénieur Jacob donne sur ces concrétions les indications suivantes :

« Ces boulets ferrugineux se trouvent, dans certains endroits, en assez grande quantité à la surface du sol dans les bas-fonds desséchés aujourd'hui, mais humides à l'époque quaternaire récente. On trouve avec ces boulets des tubes creux dont la structure est la même.

« Le sable qui, uni à un ciment ferrugineux, forme la croûte de ces boulets ou des tubes, et le sable de l'intérieur sont identiques comme aspect, finesse, etc., à celui qui forme les atterrissements sahariens dans la région où on trouve ces boulets.

« La disposition des endroits où on les trouve, le peu de solidité relative de la carcasse, montrent que ces boulets ont été formés sur place, c'est-à-dire qu'ils n'ont subi, sous l'influence des agents atmosphériques, que des déplacements peu importants.

« Mais on se rend difficilement compte du mode de formation de ces sphères creuses. Peut-être faut-il voir dans ces tubes et ces sphères un moulage d'organes végétaux. »

3° *Phosphates de chaux.* — Analyse de deux échantillons provenant de la gare du Merdja, remis par M. Rousseau.

a. Échantillon jaune rosé; parties noduleuses très dures avec veines ferrugineuses.

b. Échantillon assez semblable au précédent, mais renfermant moins de parties noduleuses dures.

	a	*b*
Silice et silicates (p. 100).........................	7,60	6,80
Phosphate tribasique de chaux (p. 100)...........	67,47	64,83

4° *Phosphates de chaux.* — Échantillons provenant de la région de Boghari, remis par M. Dumesgnil de Chambourg.

DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS	SILICE ET SILICATE p. 100	PHOSPHATE TRIBASIQUE de chaux p. 100
1 Boghari. Aïn Sbaa. Dra-el-Abiod, versant nord; couche A	»	13,01
2 — — — — — B	»	13,14
3 — — — — — C	»	manque
4 — — — — — D	»	4,80
5 — — — versant sud; — A	»	4,67
6 — — — — — B	»	8,01
7 — — — — — C	»	15,80
8 — — — — — D	»	13,29
9 — — — — — E	»	37,98
10 — — Djebel Guettar, versant sud; c^he verte A	»	16,37
11 — — — — ; c^he grise 1	»	1,88
12 — — — — — 2	»	12,68
1 Dra-el-Abiod, versant sud, couche n° 1	68,56	3,62
2 — — — 2	57,28	7,59
3 — — — 3	66,64	23,75
4 — — — 4 roche grise verdâtre.	12,76	44,75
5 — — — 5 roche blanche grisâtre.	25,28	17,59
6 — — — 6	7,84	25,71
Djebel Mou-et-Ettin-el-Guettar. Tribu des O^d-Moktar. Échantillon n° 1	»	13,58
— 1' (gros module de 1)	»	64,97
— 2	»	9,19
— 3	»	24,62
— 3' (gros module de 3)	»	66,73
— 4	»	17,03

5° *Roches phosphatées.* — Essai de 4 échantillons provenant de Dra-el-Abiod (près de la route), remis par M. Ficheur :

Teneur en phosphate tribasique p. 100 :

10,22 31,33 22,81 42,89

Dans le premier échantillon il a été trouvé un rognon ferrugineux (pyrite de fer altérée), qui a été retiré de la prise d'échantillon.

6° *Roche phosphatée.* — Échantillon provenant d'une carrière, près Sétif, remis par M. Lagarde.

Teneur p. 100 en phosphate tribasique : 11,11.

7° *Eaux minérales.* — Échantillon d'eau minérale de Ben-Haroun prélevé par nos soins en présence de M. Lacombe, concessionnaire.

Éléments dosés par litre (*) :

	grammes
Acide chlorhydrique	0,7569
— sulfurique	0,6547
— azotique	0,0000
— silicique	0,0282
— sulfhydrique	0,0000
— carbonique total	3,2337
— carbonique combiné	1,5754
— carbonique libre	1,6583
Chaux	0,7527
Magnésie	0,1232
Soude	1,2306
Potasse	traces
Lithine	traces très légères
Protoxyde de fer	0,0062
Alumine	traces
Matières organiques	0,0000
Résidu (somme des sels neutres)	4,1800

Composition probable des sels :

	grammes
Acide carbonique libre	1,6583
Chlorure de sodium	1,2131
— de potassium	traces
— de lithium	traces très légères
Sulfate de magnésie	0,2864
Sulfate de soude	0,8231
Bicarbonate de soude	0,5524
— de magnésie	0,0887
— de chaux	1,9354
— de fer	0,0137
Alumine	traces
Silice	0,0282
Pertes et corps non dosés	0,0267
Total des éléments en dissolution	6,6260 par litre.

IV. — LABORATOIRE DE CONSTANTINE.

Travaux de M. SERGÈRE, Contrôleur des Mines. (EXTRAIT.)

1° *Minerais de zinc.* — Échantillons déposés par M. Grand, Contrôleur des Mines.

Provenance : Djebel-Mesloula.

Zinc carbonaté avec mouches de plomb sulfuré.

(*) L'acide carbonique a été dosé sur place.

	a	b	c	d
Teneur en zinc (p. 100)	34,98	traces	42,14	41,59

2° *Minerai de zinc.* — Échantillons déposés par M. Wetterlé.

Provenance : Aïn-Gharab, Douar Ouled si Aïssa, commune mixte de Souk-Ahras.

Zinc carbonaté calcaire ferrugineux.

L'analyse a donné 34,60 p. 100 de zinc.

3° *Minerais de cuivre.* — Échantillons déposés par M. Dampeine.

Provenance : Douar des Beni Foughal, commune mixte de Tabahort.

Pyrite de cuivre massive (chalkopyrite).

L'analyse a donné :

Cuivre	35,10 p. 100
Métaux fins	Néant

4° *Minerais de cuivre.* — Échantillons déposés par M. Souillot.

Provenance : Aïn Fakroun.

Cuivre gris avec altération passant au cuivre carbonaté bleu disséminé dans une roche dolomitique.

Un fragment, isolé de la gangue, a donné à l'analyse :

Cuivre	23,50 p. 100
Métaux fins	3kg,200 par tonne de minerai

5° *Minerais de cuivre.* — Échantillons déposés par M. Grasseschi.

Provenance : Douar des Beni Felkai, commune mixte de Takitount.

Cuivre gris avec fer oxydé.

L'analyse a donné :

Cuivre	18,25 p. 100
Métaux fins	Néant.

6° *Minerais de cuivre.* — Échantillons déposés par M. Chazot.

Provenance : les Achaïch, région d'El-Miliah.

a. Pyrite cuivreuse — *b.* Cuivre gris.

	a	b
Cuivre (p. 100)	27,25	28,26
Métaux fins (par tonne de minerai)	0kg,380	0kg,900

7° *Minerais de plomb.* — Échantillons déposés par M. Cocusse. Provenance : Souk-Ahras.

Galène associée à de la blende ; gangue calcaire.

L'analyse a donné :

Plomb	28,17 p. 100
Zinc	Traces
Métaux fins	Néant.

8° *Minerais de plomb.* — Échantillons déposés par M. Dubard. Provenance : village de Smina, tribu des Mezzaïas.

Plomb sulfuré ; gangue siliceuse.

L'analyse a donné :

Plomb	65,85 p. 100
Métaux fins	0^{kg},250 par tonne de minerai.

9° *Phosphates de chaux.* — Échantillons, au nombre de 38, déposés par M. Lantenois, Ingénieur des Mines.

Provenance : D'jebel M'zaïta.

Échantillons noirs bitumineux, à gangue marno-siliceuse.

L'analyse a donné les teneurs suivantes en phosphate tribasique (p. 100) :

56,76 — 64,22 — 59,24 — 68,02 — 54,47 — 59,35 — 59,32 — 63,35
64,19 — 56,57 — 60,67 — 36,68 — 64,69 — 57,11 — 47,39 — 66,19
56,30 — 61,98 — 68,85 — 61,37 — 56,14 — 46,73 — 64,87 — 68,45
67,13 — 66,56 — 46,02 — 61,39 — 26,29 — 64,11 — 37,94 — 55,55
61,62 — 57,11 — 61,94 — 51,73 — 55,72 — 49,83.

10° *Phosphates de chaux.* — Échantillons déposés par M. Lantenois, Ingénieur des Mines.

Provenance : Tocqueville ; M'zaïta ; Bordj-R'dir.

1° TOCQUEVILLE.

Parcelle Exiga, couche 1	64,87
— — 2	68,47
— partie inférieure, couche 2	46,02
Galerie de la tranchée A, couche 2	61,98
Parcelle Brochery, couche 1	66,56
— — 2	66,19
— tranchée C	47,39

2° M'ZAÏTA.

Ravin Chrat, couche du mur	60,67
— couche du toit, partie inférieure de la couche.	64,11 61,62 26,29 37,94
Dra Souk, versant nord	68,85 61,37
— — sud	64,69
— feuilleté	56,14

Chantier de la source Aïn-Taguia.

Couche inférieure	61,94
Couche supérieure	63,35

3° BORDJ-R'DIR.

Terrains communaux.

Parcelle 279	Partie inférieure du banc	51,73
	Partie supérieure	49,83
	Partie moyenne	55,72
Parcelle 280		55,55 57,11 59,35

Propriétés privées.

Parcelle 182, 2° galerie	57,11	Parcelle 259, 10° tranchée	56,76
— 185, 5° —	56,57	— 259 —	54,47
— 185, 8° —	56,30	— 260 —	59,24
— 186, 10° tranchée	46,73	— 263 —	67,13
— 186 —	61,39	— 263 —	64,13
— 257 —	64,22	— 224 —	59,32
— 257 —	68,02		

11° *Guanos*. — *a*, *b*. Échantillons remis par M. de Tournemine, provenant de la région de Sigus (*a* provenant de Ras-el-Hadj, *b* de Chebet-el-Ma).

c. Échantillon remis par M. Coutayar, provenant d'Aïn-M'lila.

d. Échantillon remis par M. Garbe, provenant d'Aïn-Abid.

L'analyse a donné, p. 100 :

	a	*b*	*c*	*d*
Azote (ammoniacal et organique)	9,29	6,23	5,72	6,85
— nitrique	traces	néant	néant	néant
Acide phosphorique	10,04	7,08	9,54	12,55

BULLETIN

DES ACCIDENTS D'APPAREILS A VAPEUR

SURVENUS PENDANT L'ANNÉE 1897

(Résumé résultant de l'étude des dossiers administratifs.)

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
10 janv.	Brasserie à Paris.	Chaudière à petits éléments d'un type analogue au type Babcock et Wilcox (Pl. XI, *fig.* 1 et 2) de 100 mètres carrés de surface de chauffe et 7 mètres cubes de capacité, timbrée à 7 kg. La fermeture autoclave qui a donné lieu à l'accident s'appliquait sur un trou ovale de $0^{m},13 \times 0^{m},105$, percé dans la paroi d'un collecteur vertical en fonte, en regard d'un tube bouilleur. L'autoclave était un tampon en acier avec bourrelet elliptique, destiné à pénétrer dans le trou, pour assurer le centrage du tampon, et entouré d'une tresse d'amiante : il portait en son centre un boulon de $0^{m},12$ de long, de 19 millimètres de diamètre, réduit à 16 millimètres au fond des filets, qui sont triangulaires et dont le pas est [illegible]	Le générateur venait d'être remis en feu après un grand nettoyage. C'est en resserrant, à l'aide d'une clef, l'écrou de l'un des tampons de la façade arrière qui fuyait, qu'un ouvrier, assisté d'un aide, cassa le boulon ; le flux d'eau et de vapeur qui se produisit atteignit gravement l'ouvrier dans sa fuite. Après l'accident, des défauts de placement (Pl. XI, *fig.* 4) ont été constatés dans certains tampons.	Un ouvrier mortellement brûlé : un légèrement atteint.	Serrage intempestif d'un joint sur une chaudière en pression.

	(Rhône).	8m3,322 de capacité, timbrée à 18 kg. et fonctionnant d'ordinaire à 16 ou 17 kg.; construite en 1895. Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur était relié, à l'arrière, au collecteur de boues par un tuyau en cuivre de 0m,15 de diamètre, 5 millimètres d'épaisseur, 2m,70 de longueur, à tracé courbe sur une partie de sa longueur.	s'est vidée par cette ouverture; le mur de la façade arrière du fourneau a été démoli.		à une température élevée et à une forte pression.
13 au 22 janvier	Usine d'éclairage électrique à Avignon (Vaucluse).	Trois chaudières Belleville du type B-5: surface de chauffe, 54 mètres carrés; capacité, 1m3,350; timbre, 15 kg. — Il existait dans l'épurateur et dans les tubes des dépôts de tartre cristallins très solides de 4 millimètres en général et, en certains points, de 5 et même 6 millimètres d'épaisseur.	Quatre ruptures de tubes se sont produites: le 13 janvier aux chaudières nos 1 et 2, le 17 à la chaudière no 3, et le 22 à la chaudière no 2, toujours à l'heure d'activité maximum de l'usine et à un tube de la 3e rangée horizontale à partir du bas.	La première et la troisième rupture ont été inoffensives; lors de la deuxième et de la quatrième, il y a eu chaque fois un ouvrier grièvement brûlé.	Surchauffes causées par l'entartrement.
18 janv.	Usine à gaz à Paris.	Chaudière locomotive de 80 mètres carrés de surface de chauffe, 4m3,7 de capacité, timbrée à 7 kg., datant de 1878. Elle portait 133 tubes à fumée de 0m,05 de diamètre, 3m,75 environ de longueur et 2 millimètres d'épaisseur normale. Ces tubes étaient en laiton rabouté en cuivre: ils avaient été remis en place en 1893, à la suite d'un changement de plaque tubulaire.	Un tube à fumée s'est déchiré en forme de languette, au voisinage de la plaque tubulaire du foyer, dans la partie raboutée en cuivre.	Un ouvrier grièvement brûlé, deux légèrement.	Amincissement excessif d'un tube à fumée, dont l'épaisseur, à l'endroit qui a cédé, se trouvait réduite localement à 1 millimètre.
28 janv.	Fabrique d'engrais à Boësse (Deux-Sèvres).	Récipient de vapeur cylindrique de 0m,90 de diamètre, 2m,40 de hauteur, un peu plus de 1.500 litres de capacité; timbré à 6 kg. et pourvu d'une soupape réglée pour 3 kg. environ. Il portait à sa partie supérieure et à sa partie inférieure une tubulure de 0m,37 de diamètre, fermée par un	Un peu de suif s'échappant à la base de la fermeture de la tubulure inférieure, le chauffeur se mit en devoir de serrer l'écrou du boulon du bas. Un instant après le couvercle se détachait violemment.	Le chauffeur tué sur le coup; un ouvrier grièvement brûlé.	Départ d'un tampon non autoclave, par suite du déversement, vers l'extérieur, du boulon à charnière placé au bas de ce tampon. Il est probable que ce déversement s'est fait par glissement de l'écrou sur les

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
		couvercle en fonte de 0m,47 articulé autour d'une charnière et maintenu appliqué sur l'orifice par trois boulons à charnière équidistants et agissant par leurs écrous sur autant de paires d'oreilles que présente la périphérie du couvercle (Pl. XI, *fig.* 5,6,7). Un joint en caoutchouc, logé dans une rainure, était destiné à assurer l'étanchéité de la fermeture. L'appareil avait été construit en 1888, mais les deux tubulures à couvercle ne dataient que de 1894.			oreilles du couvercle, pendant que l'ouvrier cherchait à resserrer l'assemblage et sans qu'il y ait lieu de supposer qu'il se soit trompé de sens dans la manœuvre de la clef. Il doit être remarqué que la disposition des oreilles du couvercle et des écrous ne donnait aucune garantie contre le danger de ce glissement et de ce déversement ; que le mauvais état de la collerette fixée à la partie inférieure du tampon prêtait aux fuites, et qu'une fuite, comme celle qui s'est produite avant l'accident, incitait l'ouvrier à resserrer le joint en cours d'opération ; enfin qu'à un point de vue général le nombre de trois boulons d'attache était insuffisant.
29 janv.	Usine de vulcanisation de caoutchouc, à Paris.	Récipient consistant en une étuve cylindrique horizontale de 0m,67 de diamètre intérieur et 1 mètre de long. Construit il y a onze ans, il avait été l'objet d'une élévation de timbre de 6 à 7 kg., lors d'une épreuve décennale subie en décembre 1895. Le couvercle, à faible bombement, était formé d'un cadre circulaire en fonte, sur lequel était rivée une calotte en tôle. Tournant autour d'une charnière latérale placée sur la	Au cours de la première des opérations de la journée, et sans aucune fuite préalable de vapeur, le couvercle est parti en grand et a été projeté à 2m,50.	Quatre personnes légèrement brûlées.	Départ violent d'un couvercle maintenu par des boulons à charnière dont la section, le nombre et les dispositions générales ne donnaient pas à la fermeture un coefficient de sécurité suffisant, la fatigue de ces attaches ayant dû d'ailleurs se trouver exagérée par des excès de serrage des boulons.

		et une rainure creusée dans la couronne fixe. La tenue de l'assemblage était réalisée au moyen de sept boulons à oreilles, qui se rabattaient autour d'axes tangents à la couronne fixe, et dont les écrous appuyaient sur les oreilles du couvercle, sans s'y encastrer ni y être maintenus en place par des épaulements (Pl. XI, *fig.* 8 et 9).			
14 févr.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type B-7; surface de chauffe, 73 mètres carrés, capacité, $1^{m3},9$; timbre, 15 kg.; tubes de $0^m,10$ de diamètre intérieur.	Ouverture de deux tubes, l'un et l'autre de rang 4, appartenant l'un au 4ᵉ, l'autre au 5ᵉ élément, avec plaies presque identiques. De plus au 3ᵉ et au 4ᵉ élément, le 3ᵉ tube était criqué vers son milieu, l'un en long, l'autre suivant deux sections droites distantes de quelques centimètres. L'une des portes de foyer avait été ouverte par le chauffeur qui put ensuite la refermer à l'aide d'un outil. Les trappes d'expansion n'ont pas été soulevées. L'intérieur du faisceau était notablement entartré; la communication extrême de droite (côté de l'arrivée de l'eau) entre l'épurateur et l'élément situé de ce côté contenait des dépôts adhérents qui, au sommet de cette communication, en réduisaient le diamètre de 67 à 40 millimètres.	Néant.	Surchauffe par manque d'eau : l'origine du manque d'eau n'a pas été reconnue avec une entière certitude; mais l'appareil offrait de forts entartrements, de telle sorte que la circulation ne se trouvait pas placée dans des conditions normales.
22 févr.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type B-9 : surface de chauffe, 98 mètres carrés; capacité, $2^{m3},3$; timbre, 15 kg.; diamètre extérieur des tubes, $0^m,10$; épaisseur des tubes, 5 millimètres.	Ouverture, le long de la génératrice inférieure, en dehors de la soudure, du tube supérieur (14ᵉ à partir du bas) du 4ᵉ élément (à partir de la gauche). Aucune particularité n'a été relevée le long des lèvres de la déchirure; pas de dépôt en quantité importante; pas de corrosion.	Néant.	Cause que l'enquête n'a pu déterminer avec certitude.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
5 mars	Mines de houille, à La Chazotte (Loire).	Chaudière horizontale à foyer extérieur, à flamme renversée : surface de chauffe, 73 mètres carrés ; capacité, 30 mètres cubes ; timbre, 6 kg. Elle se composait d'un corps cylindrique de 1m,30 de diamètre et 15m,60 de longueur, chauffé le premier, et d'un bouilleur ou réchauffeur inférieur de 0m,80 de diamètre et 14m,76 de longueur que les gaz chauds léchaient ensuite. La communication entre les deux corps était faite au moyen de deux cuissards de 0m,50 de diamètre, placés tous deux à l'arrière. Un chandelier en fonte avait été primitivement adjoint aux oreilles de suspension pour soutenir le corps cylindrique à l'avant, mais il avait été rongé par la corrosion (Pl. XI. *fig.* 10). *Détails divers.* — Il y a lieu de signaler, comme ayant pu concourir à la production de l'accident : forme et dispositions générales de l'appareil qui exposaient particulièrement les clouures circulaires du corps principal aux efforts de dilatation et de flexion ; défaut de ductilité des tôles ; surchauffe des tôles au cours du service de l'appareil, notamment lors de l'emploi, pour l'alimentation, d'une eau qui donnait lieu à des dépôts abondants ; allure vivement poussée des feux dans les jours qui ont précédé l'explosion.	La chaudière s'est séparée en cinq tronçons principaux (Pl. XI, *fig.* 11, 12, 13). La partie avant du grand corps s'était complètement détachée du reste, par une rupture circulaire, à la jonction de la 1re et de la 2e virole. A l'extrémité arrière, la tête en fonte du réchauffeur s'était brisée. Enfin la partie voisine des cuissards s'était violemment disloquée et déchirée, à tel point qu'un vaste lambeau s'était trouvé découpé dans le corps cylindrique. L'abri des chauffeurs fut totalement enlevé, ainsi qu'une partie des dépendances du puits ; le câble fut précipité au puisard.	Trois tués. Dégâts matériels importants.	L'accident doit être rapporté : D'une part, à la fatigue et au mauvais état de la partie inférieure de la rivure circulaire reliant la 1re et la 2e virole du corps principal. Cette partie avait été réparée antérieurement à l'accident, par un remplacement de rivets, mais la réparation avait été certainement mal faite, puisque des rivets de 20 millimètres avaient été mis dans des trous de 22 millimètres. La rupture, suivant la ligne des rivets, qui a détaché les deux viroles l'une de l'autre, paraissait montrer dans la partie correspondant à cette réparation défectueuse, des traces de cassure ancienne ; D'autre part, à la faiblesse et au mauvais état de la tête en fonte de l'extrémité arrière du corps inférieur, tête dont l'épaisseur, exceptionnellement faible dès la construction, avait été encore amoindrie par la corrosion intérieure, et qui présentait une cassure ancienne de 0m,30 environ de développement ; A la fatigue de la rivure circulaire reliant la 1re et la [illegible]

					Détails divers.
25 mars	Dépôt de tramways à Marcq-en-Barœul (Nord).	Chaudière Babcock et Wilcox à 4 éléments de sept tubes en fer soudés à recouvrement, de 0m,096 de diamètre intérieur, 3 millimètres d'épaisseur et 4m,16 de longueur. Surface de chauffe, 50 mètres carrés ; capacité, 4m3,950 ; timbre, 16 kg. Construite en 1886.	Ouverture du tube le plus voisin du foyer au 2e élément à partir de la gauche : l'ouverture, distante de 1m,25 de l'extrémité avant du tube et tournée vers le feu, avait 0m,38 de long avec bâillement de 0m,23. Cette partie avariée du tube montrait de l'oxyde bleu et était légèrement emboutie : en même temps la rupture paraissait avoir pris naissance à une paille. De plus, les parties voisines de l'avarie étaient notablement incrustées, et dans le grand corps supérieur on a constaté la présence d'écailles de tartre.	Un ouvrier blessé sans gravité : d'abord atteint par la chute d'un tampon amovible soulevé par l'explosion, puis brûlé dans sa fuite par des charbons incandescents lancés de la grille dans la chambre de chauffe.	La rupture du tube paraît avoir été le résultat de la détérioration et de la surchauffe du tube dont le métal était pailleux, dont la surchauffe était favorisée par la présence de dépôts à l'intérieur de l'appareil et peut-être par des allures exagérées du feu, et auquel ces causes devaient faire perdre d'autant plus facilement la résistance nécessaire que son épaisseur était faible.
30 mars	Stéarinerie à Ivry (Seine).	Chaudière Roser à retour de flammes, avec un tube à fumée à l'intérieur de chaque tube vaporisateur. Le faisceau tubulaire se composait de 6 éléments comprenant chacun 7 tubes vaporisateurs superposés : ces tubes mesuraient 0m,10 de diamètre, 1m,65 de long, et suivant leurs axes étaient disposés autant de tubes de retour de flammes amovibles, dont le diamètre était de 0m,06 pour ceux de la rangée de coup de feu, de 0m,075 pour les autres. Surface de chauffe, 48 mètres carrés; capacité, 1m3,7. Timbre, 15 kg. lors de la construction en 1885 ; réduit à 10 kg. en 1895.	Déchirure du 3e tube vaporisateur, à partir du bas de l'élément extrême de gauche. Le tube s'est fendu en amande, sur 0m,43 de long, suivant une génératrice située en dehors de la soudure et intermédiaire entre la génératrice inférieure et celle la plus voisine du parement maçonné du fourneau. L'accident aurait été inoffensif, si le flux de vapeur avait trouvé la devanture du fourneau hermétiquement fermée et une issue facile d'un autre côté ; mais, comme le chauffeur avait ouvert en grand la porte du foyer, il eût fallu que cette porte fût à fermeture automatique.	Chauffeur grièvement brûlé.	Circonstances que l'enquête, d'ailleurs tardive par suite du défaut d'avis, n'a pu préciser avec certitude.
4 avril.	Éclairage électrique d'un café, à Paris.	Chaudière Niclausse, construite en 1894, timbrée à 12 kg., comportant 30 tubes bouilleurs de 60 millimètres de diamètre et 1m,50 de long, qui contenaient chacun un tube directeur pour la circulation. Les tubes bouilleurs étaient en acier doux.	Ouverture en boutonnière du tube bouilleur inférieur de l'élément extrême de gauche, suivant sa génératrice inférieure, en dehors de la soudure : la déchirure commençait à 0m,65 de l'extrémité arrière du tube ; elle présentait 0m,13 de longueur et 75 millimètres de bâille-	Néant.	Surchauffe locale dont les causes n'ont pu être fixées avec une entière certitude.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
			ment maximum. Le tube était gonflé et embouti dans la région de cette plaie, et son épaisseur s'y trouvait réduite jusqu'à 1/2 millimètre. Le tube directeur s'était écrasé et déchiré sur $0^m,10$ de longueur. La porte de foyer étant béante et la porte de boîte à tubes, simplement poussée, s'étant ouverte, le jet de vapeur ne passa point par l'ouverture du cendrier et n'actionna point la trappe d'expansion.		
6 avril.	Peignage de laines, à Dorignies (Nord).	Récipient de plus de 100 litres, fonctionnant sous pression et ayant pour destination d'empêcher la vapeur d'arriver jusqu'aux filtres-presses, dans le cas où le niveau du liquide (eaux vannes) en élaboration se serait abaissé d'une manière exagérée dans un premier récipient auquel il faisait suite (Pl. XI, *fig.* 14). Acheté d'occasion en 1893, l'appareil avait servi à environ 3.500 opérations.	L'opération touchait à sa fin : le robinet d'admission des eaux vannes était fermé ; le robinet d'admission de la vapeur était ouvert. Le second récipient se déchira en pleine tôle, suivant une génératrice et deux lignes de section droite, de telle sorte qu'une des feuilles de tôle constituant le récipient s'était rabattue presque tout entière, comme une porte qui s'ouvre, autour d'un de ses bords verticaux en guise de charnière (Pl. XI, *fig.* 15, 16 et 17). Suivant sa ligne de rupture, la tôle était réduite de 9 millimètres à $4^{mm},3$ et même 1 millimètre 1/2.	Deux hommes tués, dont un sur le coup.	Le récipient était affaibli à l'excès par des corrosions profondes, résultat de la nature acide des matières élaborées, et n'avait pas été l'objet, en temps utile, des réparations et remplacement nécessaires.
9 avril.	Mines de houille, à Carvin (Pas-de-Calais).	Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs inférieurs. Surface de chauffe, 68 mètres carrés ; capacité, $19^{m3},5$; timbre, 6 kg. Pression habituelle, 4 1/2 à 5 kg. Les bouilleurs mesuraient $0^m,80$ de diamètre et $8^m,80$ de longueur. Construite en 1874 avec des tôles de 11 milli-	L'explosion a consisté en une double avarie du bouilleur de gauche. D'une part, la virole d'avant de ce bouilleur s'est ouverte tout le long de sa rivure longitudinale de droite, par rupture de la tôle supérieure et intérieure de l'assemblage, en dehors de la ligne des trous de rivets et	Deux hommes tués, dont un sur le coup.	La forme de l'ouverture de la virole d'avant du bouilleur et l'ensemble des effets mécaniques rendent probable que l'explosion a commencé par la déchirure longitudinale de la virole d'avant. Les données de l'enquête

			ligne des trous de rivets, où elle se trouvait affaiblie par une fissure préexistante (Pl. XII, *fig.* 3).		ries qui peuvent se produire le long des lignes de matage, sur les précautions qui doivent être prises dans le choix des tôles et dans leur mise en œuvre, sur la surveillance attentive dont les appareils à vapeur doivent être l'objet pour la découverte, en temps utile, des commencements de fissurations.
13 avril.	Brasserie, à Paris.	Récipient de vapeur constitué par le double fond d'une cuve de fabrication dite chaudière à brasser. La cuve était cylindrique (de 1m,60 de diamètre) en cuivre, avec couvercle simplement posé et percé de regards; elle contenait le bain liquide à élaborer qui pouvait être chauffé soit par un serpentin intérieur, soit par le double fond. Ce dernier était de forme lenticulaire (Pl. XII, *fig.* 4 et 5) constitué par une paroi inférieure en fonte et une paroi supérieure en cuivre rouge de 5 millimètres d'épaisseur, dont la base commune était un cercle de 1m,60 de diamètre avec flèches de 0m,200 pour le fond inférieur et 0m,135 seulement pour le fond supérieur. Les bords de ces deux fonds et la paroi cylindrique de la cuve se terminaient chacun par une collerette plane serrée par des boulons contre un cercle de fer forgé (Pl. XII, *fig.* 6). De plus, les deux fonds étaient reliés l'un à l'autre par des entretoises en cuivre, dont 6 au voisinage du centre et 18 suivant une	Déchirure de la feuille de cuivre formant la paroi supérieure du double fond. Cette feuille s'est déchirée sur 1m,50 environ de longueur, le long de l'angle de raccordement de la calotte sphérique avec la collerette; le segment ayant cette déchirure pour base s'est replié vers le haut à angle presque droit, suivant une corde tangente à la couronne d'entretoises; l'avarie ne s'est pas étendue à l'intérieur de cette couronne (Pl. XII, *fig.* 5).	Deux ouvriers grièvement brûlés.	Fissures profondes, développées au pourtour de la feuille de cuivre qui formait la partie supérieure du double fond. Cette feuille de cuivre, pliée sous un court rayon, était soumise, par suite des variations de la pression dans le double fond, à des efforts de flexion le long de ce pli; des fissures s'y trouvaient amorcées d'avance par des coups de burin donnés mal à propos sur les deux faces du métal lors de la construction (Pl. XII, *fig.* 7) : ces fissures ont progressivement gagné en profondeur sous l'influence de ces flexions.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
		circonférence de 0m,442 de diamètre, le long de laquelle le fond de cuivre était consolidé par un anneau de fer forgé. Capacité du double fond, 315 litres; construit et éprouvé en 1884 au timbre de 5 kg., mais non rééprouvé décennalement.			
13 avril.	Papeterie à Tallende (Puy-de-Dôme).	Lessiveur rotatif construit en 1878 : capacité environ, 20m3,5; timbre, 5 kg. Il se composait d'un corps cylindrique de 2m,25 de diamètre et 3m,92 de longueur, formé de trois viroles et de deux fonds hémisphériques formés chacun de six portions de fuseaux embouties et d'une calotte axiale portant le tourillon. (Pl. XII, *fig.* 8). Chacune des viroles extrêmes, dont la longueur était de 1m,34, portait un trou d'homme rectangulaire avec coins arrondis suivant des quarts de cercle de très petit rayon : le vide découpé dans la virole mesurait 0m,877 × 0m,625; le cadre en fonte armaturant cet évidement présentait une ouverture de 0m,75 × 0m,51. La fermeture était autoclave, et la porte en tôle, raidie par une cornière, était serrée contre le rebord interne du cadre en fonte par deux chevalets (Pl. XII, *fig.* 9, 10, 11). Ces chevalets [illegible]	L'explosion est survenue au cours d'une opération pour laquelle le chargement de l'appareil avait été terminé une heure avant : c'est l'un des trous d'homme qui a été le point de départ de la fragmentation : la virole correspondante se déroula et fut profondément déformée ; le fond hémisphérique adjacent fut projeté d'un côté, le reste de l'appareil, de l'autre; enfin, une partie de petite étendue, qui comprenait le côté gauche du cadre de fonte rompu, n'a pas été retrouvée.	Quatre ouvriers tués, deux blessés grièvement et deux légèrement. Dégâts matériels considérables.	La cause essentielle a été l'existence de cassures anciennes dans trois des quatre angles du cadre en fonte de l'un des trous d'homme du récipient. (Pl. XII, *fig.* 12). En raison des formes et de la matière de ce cadre, des dimensions de l'ouverture, de l'influence des dilatations et des serrages de joint, de l'âge de l'appareil et des surpressions qui avaient pu résulter de l'absence de la soupape réglementaire entre les générateurs et le récipient, la formation de ces cassures était toute naturelle. De pareilles cassures anciennes, qui occupaient toute la section du métal à l'un des angles, presque [illegible]

1er mai.	Chemin de fer, près de la gare de Pas-des-Lanciers (Réseau Paris-Lyon-Méditerranée).	Chaudière locomotive dont la tubulure se composait de tubes en acier, à ailettes intérieures, raboutés en cuivre du côté du foyer ; ces tubes avaient 65 millimètres de diamètre intérieur et $3^m,47$ de long et pesaient 21 kg., soit $6^{kg},140$ par mètre, alors que les tubes lisses en fer ou en laiton pèsent seulement 2 kg. à $2^{kg},500$ par mètre.	Le tube s'est rompu suivant une circonférence distante de 10 millimètres de la plaque tubulaire du foyer, dans la partie raboutée en cuivre.	Chauffeur brûlé (35 jours d'incapacité de travail).	Cause systématique qui a amené toute une série de ruptures dans la tubulure de la machine. Les raboutages en cuivre constituaient la partie faible de l'ensemble et ont dû céder sous l'action des trépidations et des contractions, accentuées par le poids et la rigidité des tubes à ailettes, ainsi que par le grand développement de leur surface intérieure.
3 mai.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type B-9. Diamètre extérieur des tubes, 100 millimètres ; longueur, $2^m,07$. Timbre, 15 kg.	Ouverture en boutonnière du 5e tube (à partir du bas) de l'élément extrême de gauche. L'ouverture commençait à $0^m,93$ de l'extrémité avant et mesurait 265 millimètres de longueur et 86 millimètres de bâillement maximum. A tous les éléments, les tubes des trois rangées inférieures portaient une patine bleue d'oxyde des battitures ; ceux des rangées supérieures étaient recouverts d'une teinte ocreuse. Plusieurs chevilles fusibles avaient été fondues.	Néant.	Surchauffe consécutive à un manque d'eau ; la cause précise du manque d'eau reste indéterminée.
Deuxième semaine de mai.	Tissage de coton, au Valdoie (territoire de Belfort).	Chaudière à foyer intérieur, cylindrique, horizontale. Surface de chauffe, 20 mètres carrés ; capacité, $2^{m3},9$. Timbre, $5^{kg},5$. Le foyer, de $0^m,64$ de diamètre, était formé de trois viroles en tôle de fer de 8 millimètres ; la première virole, contenant la grille, était en tôle au bois.	Déchirure du foyer intérieur le long de l'assemblage des deux viroles et dans la tôle de la première (Pl. XII, *fig.* 13). Les deux premières viroles se bosselèrent dans le voisinage de leur jonction et dans la région de la génératrice supérieure du cylindre ; la première virole s'abaissa en un sinus convexe vers le bas, le plissement de la deuxième étant en sens inverse. La vapeur s'échappa par la cheminée ; la porte du foyer resta fermée, et le chauffeur n'eut aucun mal.	Néant.	Surchauffe par manque d'eau, dont l'enquête, opérée tardivement par suite du défaut d'avis, n'a pas permis de préciser la cause.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
31 mai.	Bateau à vapeur dans le port de Guiche (Basses-Pyrénées).	Chaudière cylindrique, horizontale, type « marine » tubulaire, à retour de flamme. Timbre, 7 kg.	Le mécanicien avait achevé depuis peu de temps une alimentation de la chaudière, lorsque le robinet interposé à l'insertion du tuyau d'alimentation, entre le clapet de retenue et le générateur, laissa tout à coup échapper un flot d'eau et de vapeur: le cône de ce robinet s'était détaché de son boisseau.	Mécanicien grièvement brûlé.	Départ du cône d'un robinet placé à l'insertion du tuyau d'alimentation sur la chaudière: cette pièce aurait dû être maintenue par un écrou, de manière à ne pas quitter son boisseau. La cause de son départ n'a pas été élucidée, l'écrou n'ayant pas été représenté lors de l'enquête.
8 juin.	Filature de soie, à Lussas (Ardèche).	Chaudière cylindrique, horizontale, de $0^m,90$ de diamètre, avec dôme ; capacité, $1^{m3},833$. Timbre, 2 kg.	La chaudière se déchira à la virole d'avant, à peu près suivant les rivures (Pl. XII, *fig.* 14 et 15), et fut projetée à 10 mètres de distance dans un champ. Le long de la déchirure, les tôles, dont l'épaisseur primitive avait été 6 millimètres, n'avaient plus que 1 ou 2 millimètres au plus, parfois moins de 1/2 millimètre, et étaient en certains points perforées par la rouille.	Pas d'accident de personne. Démolition complète de la toiture du local de la chaudière.	Corrosion profonde des tôles de l'appareil, âgé de trente-cinq ans, soumis à des alternatives répétées de service et de chômage, et remis en activité au mépris de la prudence et du règlement.
9 juin.	Tissage à Rupt-sur-Moselle (Vosges).	Tambour d'encolleuse de $1^m,70$ de diamètre et $2^m,10$ de longueur, formé d'une enveloppe cylindrique en tôle de cuivre et de deux fonds en tôle entretoisés. Quatre cercles métalliques disposés à l'intérieur de l'enveloppe en cuivre, et deux renflards placés dans les fonds, prévenaient l'écrasement lors des [illegible]	Ouverture du cylindre suivant une génératrice très voisine d'une des lignes de brasure. C'est à la situation de cette génératrice (qui se trouvait au point le plus élevé de la rotation du tambour, en regard de la hotte à cheminée surmontant l'appareil) et à la résistance des [illegible]	Néant.	Défaut complet de résistance de l'appareil, qui déjà trop faible pour son timbre lors de sa construction, quand la tôle de cuivre mesurait 3 millimètres d'épaisseur, avait été affaibli à l'excès par l'usure progressive de cette tôle, résultat naturel [illegible]

		droit des cercles en fer formant carcasse. L'appareil avait été construit en 1877, éprouvé et timbré à 2 kg. en 1883 et 1887.			
17 juin.	Fabrique de cartons, à la Rochette (Savoie).	Cylindre sécheur en fer de $2^m,50$ de diamètre, $1^m,90$ de longueur non compris les fonds, et près de 10 mètres cubes de capacité. Timbre, 2 kg. Les fonds, formés chacun de deux tôles de 7 millimètres d'épaisseur, étaient, dans leur partie centrale, bombés sous une flèche de 210 millimètres, mais à leur pourtour ils étaient plats et reliés au corps cylindrique par des cornières en fer de 13 millimètres d'épaisseur. Ils n'étaient ni confortés, ni entretoisés l'un à l'autre (Pl. XII, *fig.* 16). Construit en 1893, l'appareil fonctionnait d'ordinaire sous une pression de 1 kg. 1/2, qui ne semble pas avoir été dépassée.	Le 20 mai 1897, une fente de $0^m,08$ à $0^m,10$ de longueur se produisit à l'angle d'une cornière ; on chercha à y remédier par un matage de la rivure. L'explosion se produisit moins d'un mois après (Pl. XII, *fig.* 17, 18, 19).	Deux personnes grièvement brûlées (une jeune fille de seize ans et un ouvrier).	L'explosion a eu pour cause première la construction vicieuse de ce tambour de $2^m,50$ de diamètre, dont les fonds bombés au centre, mais plats au pourtour, non entretoisés, ni confortés, étaient réunis par cornière à la partie cylindrique. Les mouvements de soufflet de ces fonds, résultant des variations de la pression intérieure, devaient naturellement amener, au bout d'un temps plus ou moins long, une fissuration des cornières. Le matage de la cornière, lorsqu'elle prévint, par une fuite, de sa détérioration, ne pouvait qu'aggraver la fissure.
11 juillet.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type B-7 ; surface de chauffe, 73 mètres carrés.	Ouverture du tube inférieur du 4e élément (à partir de la gauche) le long de sa génératrice inférieure, sur $0^m,265$ de long, avec bâillement maximum de 32 millimètres ; il y avait emboutissage du métal. Toute la partie inférieure du générateur portait, après l'accident, un vaste coup de feu : tous les tubes étaient oxydés jusqu'à une hauteur variable avec les éléments, maximum pour les 4e et 5e éléments. Pour tous les tubes du bas et une partie des seconds tubes, l'oxydation était	Néant.	Surchauffe par manque d'eau, dont l'enquête, bien qu'effectuée dans la nuit même de l'accident, n'a pu révéler la cause.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
			bleue. Toutes les chevilles du bas étaient fondues. Aucune projection de gaz ni de suie ne s'est produite par les interstices des portes, qui sont restées fermées.		
14 juillet.	Usine d'électricité dans un hôtel, à Paris.	Chaudière Belleville du type B-8. Surface de chauffe, 87 mètres carrés.	Ouverture en boutonnière, suivant la soudure, sur 0m,34 de long et avec bâillement de 38 millimètres, d'un tube de l'élément extrême de droite, à peu près au milieu de la hauteur du faisceau. Le métal était embouti au voisinage de la déchirure (Pl. XII, *fig.* 20 et 21). La chaudière portait, après l'accident, les traces d'un vaste coup de feu. Toutefois la rangée la plus inférieure des tubes était indemne d'oxydation, ainsi qu'une partie de la rangée suivante; le haut du faisceau n'en portait pas beaucoup non plus, bien que quatre chevilles y fussent fondues; mais dans toute la région moyenne les tubes étaient oxydés en bleu pour les rangées les plus voisines du foyer, en rouge pour les rangées élevées. A l'élément extrême de droite, celui du tube rompu, l'oxydation était générale, et les deux chevilles fusibles avaient fondu l'une et l'autre. Un seul vantail des portes de foyer avait été ouvert et la [illegible]	Néant.	Surchauffe dont l'enquête n'a pu reconstituer les causes avec une entière certitude.

14 juillet.	sur l'Erdre, à Nantes (Loire-Inférieure).	de surface de chauffe, 934 litres de capacité, timbrée à 8 kg. : elle comprenait 113 tubes en fer de 63 millimètres de diamètre intérieur et 1m,30 de longueur. Construite à une époque mal connue, probablement en 1891. Le niveau de l'eau, comme dans toutes les chaudières de ce type, laisse non mouillée la partie supérieure du faisceau ; dans ces conditions, la sécurité ne pouvait être assurée qu'au prix de soins particulièrement méthodiques et vigilants.	tribord de la 3e rangée horizontale comptée à partir du haut. Ces ouvertures étaient irrégulièrement réparties sur une région du tube placée assez près de la plaque tubulaire : la première ouverture était à 205 millimètres de cette plaque et la dernière à 413 millimètres. Dans cette région, le tube, d'une épaisseur primitive de 3 millimètres, paraît-il, était aminci d'une manière excessive et presque réduit à l'état de dentelle. Ce tube avarié et les autres tubes examinés dans l'enquête présentaient sur leur surface intérieure une couche très adhérente de dépôts salins et argileux, atteignant 4 millimètres en moyenne et 6 millimètres en certains points et résistant à l'action du burin sous le choc du marteau.	quatorze ans mortellement brûlé.	palement extérieure, qui avait réduit d'une manière excessive, et en certains points jusqu'à néant, l'épaisseur d'un tube de la chaudière.
17 juillet.	Fonderie, à Toulouse (Haute-Garonne).	Chaudière cylindrique verticale, à foyer intérieur et bouilleurs croisés (Pl. XIII, *fig.* 1). Le foyer avait 0m,88 de diamètre et se terminait à sa partie supérieure par un ciel en tôle emboutie, du centre duquel partait une cheminée axiale de 0m,20 de diamètre. Construite à une date inconnue. Timbrée à 6 kg. en 1876 et en 1885, et à 3 kg. en juin 1896.	L'accident a consisté dans la rupture du ciel du foyer, qui a cédé (Pl. XIII, *fig.* 2 et 3) sur une étendue de 0m,12 à 0m,15 à la rivure de la collerette de cheminée et s'est déchiré sur le bord de la collerette et dans différents sens. La tôle de la collerette s'est elle-même crevassée sur 0m,25. Au point où la rupture avait commencé, la tôle était complètement usée ou rongée par la rouille ; elle était réduite de 7 à 8 millimètres (épaisseur primitive) à 1mm,5 ou 2 millimètres ; les autres parties endommagées n'avaient que 2 millimètres à 2mm,5 d'épaisseur. Le générateur fut lancé en l'air.	Le chauffeur mortellement et le patron grièvement brûlés.	Rupture d'un ciel de foyer affaibli par une corrosion profonde du côté du feu. Il est possible, mais non démontré, que la cause déterminante de l'avarie ait été un manque d'eau. La face inférieure du ciel du foyer, sur laquelle portait la corrosion, était inaccessible à l'inspection directe, par suite de la disposition des bouilleurs croisés. Mais il n'est point prouvé qu'un sondage au marteau, opéré sur la face supérieure et accessible du ciel, n'eût point manifesté l'affaiblissement de la tôle.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
19 juillet.	Battage des grains à Crémieu (Isère).	Chaudière locomobile cylindrique, verticale, avec foyer intérieur à section carrée que traversait un faisceau croisé de tubes bouilleurs horizontaux. Timbre, 7 kg. Le foyer, construit en tôle de 12 millimètres, mesurait horizontalement 0m,60 × 0m,60, et sa hauteur était 1m,12 : il était rectangulaire sur toute sa hauteur. A sa base, il était rivé sur une semelle inférieure qui le reliait au pourtour inférieur du corps cylindrique. Les tubes bouilleurs, qui traversaient horizontalement ce foyer, avaient 0m,08 de diamètre ; ils étaient au nombre de 35 et disposés en 7 rangées horizontales de 5 tubes chacune, se succédant alternativement dans deux sens perpendiculaires ; ils laissaient entre eux de faibles intervalles (0m,033 au plus). (Pl. XIII, *fig.* 4 et 5). Sur les trois faces autres que celle évidée et armaturée par le gueulard, la portion de paroi plane, sans tubes, du foyer n'était raidie que par une entretoise formée d'un boulon unique (Pl. XIII, *fig.* 6), placé au milieu de la paroi et à 0m,26 au-dessus de la base. — L'appareil datait de [illegible].	Rupture et bombement de la partie basse d'une des faces planes du foyer. L'entretoise s'est rompue suivant une section oblique au voisinage de sa tête terminale, côté foyer : la tôle s'est rompue dans les faibles intervalles laissés entre eux par les tubes à la limite supérieure de cette partie plane (Pl. XIII, *fig.* 7, 8 et 9). La porte du foyer a été ouverte et tordue, la grille et le cendrier ont été en partie brisés, la cheminée tordue et arrachée ; la locomobile s'est déplacée de 3 mètres, bien que calée aux roues d'arrière. Le combustible projeté a mis le feu à la batteuse, aux bâtiments de ferme et à des meules de blé.	Sept personnes blessées, mais sans gravité.	La partie de face plane non tubulaire qui s'est rompue, mesurant 0m,60 de largeur et 0m,45 au moins de hauteur, ce qui correspondait sous la pression du timbre à une charge totale de près de 20 tonnes, n'avait pour la raidir qu'une entretoise unique, formée d'un boulon ; de plus, le bord supérieur du rectangle était affaibli dans une très forte proportion par le rapprochement des trous de la partie tubulaire de la face plane. Dans ces conditions, le foyer était constitué d'une manière vicieuse, et ce vice de construction peut suffire à expliquer l'accident. L'hypothèse d'un excès de pression n'a pas été prouvée par l'enquête, et trouve même une contre-indication dans ce fait que, peu avant l'explosion, la machine avait dû être arrêtée faute de vapeur.

		vets à tête fraisée, puis fretté (Pl. XIII, *fig.* 10).			saire à l'explication de l'accident.
8 août.	Battage des grains, à Neuvy-Pailloux (Indre).	Chaudière locomobile en forme de ⊢ à foyer intérieur et flamme directe ; $9^{m2},20$ de surface de chauffe, 743 litres de capacité. Le corps cylindrique horizontal mesurait $0^{m},57$ de diamètre et $2^{m},17$ de longueur ; l'enveloppe du foyer $0^{m},72$ de diamètre et $1^{m},15$ de hauteur. Construite en 1873 au timbre de 6 kg. Timbre abaissé à 5 kg. en 1894.	L'enveloppe de la chaudière, corps horizontal et enveloppe du foyer, s'est fragmentée en 21 pièces (sans compter les organes du moteur ni les appareils de sûreté), pendant que le système intérieur, foyer et tubes, restait en place. L'enveloppe du foyer s'est rompue circulairement à la naissance du collet par lequel le foyer et son enveloppe portaient sur la semelle à laquelle ils étaient rivés l'un et l'autre (Pl. XIII, *fig.* 11, 12, 13, 14 et 15). Les autres lignes de rupture de la partie inférieure de l'enveloppe du foyer contournent le cadre du gueulard et passent par les trois orifices de nettoyage. La séparation de l'enveloppe de foyer et du corps cylindrique s'est faite aussi en partie dans la courbure du rabattu par lequel se faisait la jonction des deux pièces (Pl. XIII, *fig.* 16).	L'appareil s'est fragmenté avec violence, mais, grâce à l'éloignement du personnel, il n'y a pas eu d'accident de personne.	Mauvais état de la chaudière, affectée notamment d'une fissure ancienne étendue dans l'embouti de base de l'enveloppe du foyer. Le mauvais état de cette partie se trouvait masqué par une épaisse couche de tartre. Un autre point faible existait au raccordement de l'enveloppe avec le corps cylindrique horizontal, et de ce côté la situation s'était manifestée par une fuite, la veille de l'accident.
11 août.	Usine électrique dans un théâtre, à Paris.	Chaudière Belleville du type C-7, comprenant 7 éléments de 18 tubes de 125 millimètres de diamètre intérieur.	Ouverture du 8ᵉ tube (à partir du bas) du 3ᵉ élément (à partir de la gauche). sur $0^{m},255$ de long avec bâillement de $0^{m},056$, suivant la soudure qui était tournée vers le haut ; l'emplacement de l'ouverture était dans la partie arrière et la plus élevée du tube. Le niveau de l'avarie n'était pas très différent de celui de l'index du niveau minimum de l'eau, et précisément l'appareil ne débitait pas de vapeur.	Néant.	L'ouverture du tube suivant sa soudure paraît se rattacher à la position du tube par rapport au niveau de l'eau et aux conditions dans lesquelles se trouvait le générateur lorsqu'il avait à rester sur ses feux sans débiter de vapeur, situation où il était notamment au moment de l'accident.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
20 août.	Battage des grains, à Lezennes (Nord).	Chaudière locomobile horizontale, tubulaire, à flamme directe, avec foyer intérieur d'une forme elliptique en haut et contournée sur les côtés. Capacité totale, 728 litres ; timbre, 5 kg. Age inconnu.	Affaissement du ciel du foyer, qui s'était déchiré transversalement sur 0m,80 de longueur, le long de sa ligne de jonction avec la plaque tubulaire : l'épaisseur primitive de 9 millimètres était réduite à 5 millimètres ou 3mm,5 par une corrosion le long de la ligne de rupture (Pl. XIII, *fig.* 17 et 18).	Le chauffeur-mécanicien mortellement brûlé et deux ouvriers brûlés, dont un seul grièvement.	De forme très défectueuse, le ciel du foyer, à la suite d'un long usage, s'était corrodé et fissuré le long de sa ligne de jonction avec la plaque tubulaire; il est possible que des matages aient encore aggravé le mal; il se peut, d'autre part, que cette chaudière, dont les appareils de sûreté étaient en désordre et non conformes aux prescriptions réglementaires, ait fonctionné fréquemment à des pressions supérieures au timbre et que son ciel de foyer ait eu parfois à souffrir d'abaissements du plan d'eau.
29 août.	Usine métallurgique à Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle).	Chaudière chauffée au gaz des hauts-fourneaux, cylindrique, horizontale, à flamme renversée : elle comprenait un corps principal supérieur de 15m,10 de long, formé de 15 viroles emboîtées cylindriquement, et un corps inférieur relié au premier par quatre communications.	La troisième virole du corps principal, à partir de l'avant, s'est déchirée ; la déchirure a commencé à la partie inférieure, suivant une génératrice, puis elle s'est bifurquée vers les deux extrémités de cette génératrice à 0m,15 environ de distance des rivures circulaires liant cette virole aux deux viroles voisines, et la tôle s'est développée, par arrachement de ces deux rivures, suivant la ligne des rivets. Cette tôle déroulée a été projetée ; il en a été de même des deux viroles d'avant, pendant que le reste du générateur reculait de plusieurs mètres (Pl. XIII, *fig.* 19, 20, 21).	Néant.	L'accident paraît avoir été la conséquence d'une surchauffe par manque d'eau.

					permis de préciser autrement l'explication.
30 août.	Fabrique de lacets, à Saint-Chamond (Loire).	Tambour sécheur, cubant 346 litres, composé d'un cylindre en cuivre galvanisé de 3 millimètres d'épaisseur, $0^m,76$ de diamètre et $0^m,765$ de longueur. Les deux extrémités du cylindre étaient fermées par deux disques en fonte de 16 millimètres d'épaisseur, renforcés par des nervures dans leur partie centrale et munis chacun d'une bride périphérique, sur laquelle le cylindre avait été d'abord assujetti par six boulons, puis serré par une frette posée à chaud (Pl. XIV, *fig.* 1). La virole de cuivre ne présentait pas à ses extrémités de bourrelets obtenus par matage et capables d'empêcher le glissement de la frette vers l'extérieur; les portées cylindriques des fonds et de la frette n'avaient pas non plus, dans le même but, été rainurées (Pl. XIV, *fig.* 2). L'appareil, acheté à l'étranger en 1894, n'avait été ni éprouvé ni déclaré.	L'appareil venait d'être remis en service à la suite d'un arrêt de vingt minutes. L'un des fonds se brisa en douze morceaux (Pl. XIV, *fig.* 3), pendant que le reste du tambour reculait violemment.	Une contremaîtresse tuée sur le coup; deux ouvrières blessées, dont une grièvement. Dégâts matériels peu importants.	Excès de pression résultant des conditions défectueuses de l'installation et du service de l'appareil, qui recevait la vapeur de chaudières timbrées à 6 kg. par un tuyau muni d'une soupape insuffisante, et se trouvait exposé à subir des pressions exagérées eu égard à sa résistance.
1er sept.	Battage des grains, à Sermaises (Loiret).	Chaudière locomobile horizontale, à foyer intérieur et retour de flamme tubulaire amovibles. Le retour de flamme a lieu par 12 tubes à fumée en laiton, dont 10 de $0^m,07$ et 2 de $0^m.05$ de diamètre extérieur. La chaudière, timbrée à 7 kg., a 6 mètres carrés de surface de chauffe et 600 litres de capacité. L'appareil a dû être mis en service en 1882 et ne semble pas avoir été l'objet de réparations depuis cette époque.	Un des tubs de $0^m,07$ de diamètre extérieur s'est rompu à l'extrémité d'entrée des gaz chauds. Ce tube avait 2 millimètres à 2 millimètres 1/4 d'épaisseur primitive. Sa moitié supérieure s'est fragmentée sur une longueur de $0^m,22$. L'épaisseur, sur les bords des parties rompues, était de $1^{mm},75$ à 2 millimètres. Dans la même région, la moitié inférieure du tube était aplatie et portait une fissure transversale et deux fissures longitudinales. Il y a eu : 1° refoulement	Le chauffeur frappé d'une incapacité de travail de dix à quinze jours.	Diminution de résistance à laquelle les tubes à fumée sont sujets, du côté de l'entrée des gaz chauds, au bout d'un certain temps de service.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
			des gaz chauds par l'ouverture du cendrier dépourvu de porte : de là brûlure du chauffeur ; 2° projection de flammèches par la cheminée dépourvue de grille protectrice : d'où inflammation de meules de céréales.		
1er sept.	Peignage et filature, à Tourcoing (Nord).	Chaudière horizontale à deux bouilleurs. Surface de chauffe, 68 mètres carrés ; capacité, 22 mètres cubes ; timbre, 7 kg. Les bouilleurs ont 0m,80 de diamètre et 10 mètres de longueur. Les appareils indicateurs du niveau de l'eau consistaient en un tube de verre et un flotteur magnétique : le tube de verre était obstrué par le reploiement de la bague de caoutchouc inférieure ; le flotteur magnétique était détérioré ; de plus, le tube de verre n'était pas normalement sous les yeux de l'ouvrier chargé de l'alimentation, par suite de l'existence d'une cloison séparant de la chambre de chauffe la plate-forme supérieure du massif.	Ouverture du bouilleur de gauche à la partie inférieure de sa virole d'avant, avec formation d'une poche et coloration bleue caractéristique d'un coup de feu. Le bouilleur de droite était également bleui, quoique à un degré moindre. Absence d'effets dynamiques, si ce n'est ébranlement de la maçonnerie de l'appareil.	Chauffeur mortellement et aide-chauffeur grièvement brûlés.	Surchauffe par manque d'eau, attribuable au mauvais état des appareils indicateurs du niveau de l'eau et à la défectuosité générale du service. Les appareils indicateurs du niveau de l'eau donnaient l'un et l'autre des indications trompeuses ; de plus, l'un d'eux était placé hors de la vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation. D'autre part, cet accident a pu devoir en partie la gravité de ses conséquences à l'inexécution des conditions (amélioration des issues de la chaufferie) auxquelles avait été subordonnée l'autorisation de déroger à l'article 1er du décret du 20 juin 1880.
12 sept.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

		à base circulaire et à axe vertical, terminé à chaque extrémité par un fond bombé ; elle renferme à son intérieur deux plaques tubulaires formant diaphragmes horizontaux et placées, l'une au bas de la partie cylindrique, l'autre à une certaine distance au-dessus. Ces plaques tubulaires, en bronze, sont reliées entre elles par un faisceau de tubes en laiton, et au centre par un gros tube ; l'espace compris entre les deux plaques tubulaires, une portion de la paroi cylindrique de la caisse et les parois convexes des tubes est dénommé espace intertubulaire ; le reste de la capacité de la caisse est désigné sous le nom de calandre. La caisse n° 2 mesurait 4m,50 de diamètre, 3m,85 de hauteur cylindrique ; ses plaques tubulaires intérieures étaient distantes de 1m,40 l'une de l'autre. Capacité, 68 mètres cubes. La partie cylindrique était en tôle de fer de 16 millimètres d'épaisseur, les plaques tubulaires en bronze de 26 millimètres ; les tubes en laiton, au nombre de 3.760, mesuraient 5 centimètres de diamètre, et le gros tube central, 65 centimètres. Le fond bombé inférieur, en fonte, de 25 à 27 millimètres d'épaisseur, se composait de deux parties, l'une périphérique, l'autre centrale. La partie cylindrique en tôle était cerclée, à sa partie inférieure, par une cornière en fer dont l'aile horizontale formait bride (Pl. XIV, *fig.* 5) ; le fond en fonte se terminait lui-même, à son pourtour, par une bride horizontale ; ces deux brides, respec-	dans la section de rupture, sur une étendue correspondant à neuf boulons de la bride du pourtour. Des fissures affectaient également les parois en fonte des caisses nos 3 et 5 de la série.		et l'épaisseur ne permettaient pas au fond en fonte de supporter impunément des efforts notables de dilatation ou de pression. Les dispositions matérielles de l'installation n'excluaient pas le développement, dans l'espace intertubulaire de cette caisse, d'une pression effective de vapeur pouvant atteindre 7/10 de kilogramme par centimètre carré ; une pression effective égale, à laquelle il faut ajouter la charge du liquide contenu dans l'appareil, pouvait s'ensuivre, en cas de fausse manœuvre tout au moins, dans la calandre de cette caisse. D'autre part, fausse manœuvre, ayant consisté à laisser ouverte l'admission des vapeurs d'échappement à l'espace intertubulaire de la caisse, alors que toute aspiration de la vapeur formée dans la calandre avait cessé par suite de l'arrêt de la pompe du condenseur, ainsi que toute circulation des jus.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
		tivement de 31 et 50 millimètres d'épaisseur, étaient évidées, l'une sur 4 millimètres, l'autre sur 17 millimètres de hauteur, près de la partie intérieure de l'appareil, pour encastrer entre elles le bord circulaire de la plaque tubulaire inférieure dont l'épaisseur était, en vue de l'assemblage, réduite à son pourtour de 26 à 23 millimètres. Un jeu de 9 millimètres dans le sens du rayon, était ménagé autour de la plaque tubulaire. L'assemblage était fait par 96 boulons de 25 millimètres distants de $0^m,16$ d'axe en axe. Cette caisse, construite en 1872, avait fonctionné jusqu'en 1896 comme caisse n° 1 d'un appareil à triple effet.			
25 oct.	Fabrique de draps, à Elbeuf (Seine-Inférieure).	Chaudière Belleville du type C-10 : surface de chauffe, 166 mètres carrés ; capacité, 5 mètres cubes ; timbre, 15 kg. Construite en 1893, elle comprenait 160 tubes vaporisateurs de 115 millimètres de diamètre et de $2^m,51$ de longueur.	Ouverture d'un tube de la 3e rangée (à partir du bas) du 2e élément (à partir de la droite), dans sa partie arrière, sur une longueur de $0^m,49$ avec bâillement de $0^m,11$. Les épaisseurs relevées sur les lèvres de la déchirure variaient de $5^{mm},1$ à $5^{mm},2$. Les portes de boîtes à tubes et de foyer ne sont pas ouvertes.	Un ouvrier très légèrement brûlé.	L'accident a affecté un tube dont la soudure était défectueuse ; ce tube paraît d'ailleurs avoir été surchauffé, sans que l'enquête permette de se prononcer sur la cause de la surchauffe.
1er nov.	Fabrique de lacets, à St-Chamond (Loire).	Chaudière horizontale, à foyer intérieur et retour de flamme tubulaire amovibles, du type dit « concentrique » et à deux corps superposés. Surface de chauffe, 72 mètres carrés. Le foyer intérieur mesurait $0^m,94$ de diamètre à l'avant, $0^m,85$ à l'arrière et $2^m,70$ de longueur.	Formation d'une poche et d'une crique au ciel du foyer (Pl. XIV, *fig.* 7, 8 et 9). Aucune projection d'eau. Absence d'eau dans l'appareil à partir d'un niveau inférieur de $0^m,10$ à l'axe longitudinal du corps tubulaire, et traces de coup de feu sur toute la partie du foyer située au-[illegible]	Néant.	Surchauffe du ciel du foyer qui s'est trouvé chauffé à sec, le générateur, à la suite d'un nettoyage, n'ayant pas été suffisamment garni d'eau avant l'allumage du feu.

	(Nord).	$0^m,09$ de diamètre extérieur, $3^{mm},5$ d'épaisseur, $5^m,44$ de longueur, reliés à l'avant et à l'arrière par deux lames d'eau entretoisées, et surmontés de deux grands corps horizontaux sur lesquels sont greffés, en outre, à l'arrière, deux autres corps cylindriques verticaux (Pl. XIV, *fig.* 10). Surface de chauffe, 256 mètres carrés ; capacité, 32 mètres cubes ; timbre, 10 kg. Construite en 1891.	tale à partir du bas. L'ouverture s'étendait, à partir d'un point situé à $0^m,955$ de l'extrémité avant, sur une longueur de $0^m,30$ avec bâillement de $0^m,127$. Elle paraissait avoir pris naissance vers la génératrice inférieure, à la soudure, en un endroit où le métal avait été faiblement soudé bord à bord, sans recouvrement, sur une longueur de $0^m,105$. Cet accident a dû, selon toute apparence, la gravité de ses conséquences à la libre ouverture des portes de foyer vers l'extérieur, et peut-être à l'absence de fermeture du cendrier, ainsi qu'à la disposition malheureuse de la porte de la chaufferie, s'ouvrant du dehors au dedans.		qui était défectueuse par suite d'insuffisance de recouvrement, s'est produite vraisemblablement sous l'action d'une surchauffe consécutive à un abaissement du plan d'eau. La production d'un manque d'eau a pu se trouver hâtée par la présence des rallonges servant à localiser les dépôts dans les réservoirs supérieurs de l'appareil (Pl. XIV, *fig.* 11).
16 nov.	Minoterie, à Midrevaux (Vosges).	Chaudière cylindrique horizontale, à deux bouilleurs inférieurs, dont l'un légèrement latéral provenant d'une addition à une chaudière à un seul bouilleur. Capacité, 2 mètres cubes ; surface de chauffe, 12 mètres carrés ; timbre, 5 kg. Le bouilleur latéral mesurait $0^m,50$ de diamètre, 3 mètres de long, 9 millimètres d'épaisseur primitive. Age inconnu : l'addition du bouilleur latéral date de 1865 au moins.	Rupture du bouilleur latéral sur $0^m,80$ de long suivant la génératrice inférieure, au coup de feu. La chaudière avait été soulevée du côté opposé au bouilleur latéral, tandis que les briques avaient été projetées de l'autre côté par l'eau et la vapeur.	Deux personnes grièvement brûlées. Très faibles dégâts matériels.	Corrosions intérieures profondes par lesquelles la tôle du bouilleur était très affaiblie. Les circonstances qui ont précédé cette rupture et, notamment, la manière dont la pression, descendue presque à zéro, a remonté à la suite de la fermeture de la prise de vapeur, indiquent d'ailleurs qu'à ce moment la chaudière était en manque d'eau.
26 nov.	Fabrique de dentelles et tirettes, à Saint-Quentin (Aisne).	Chaudière constituée par une marmite en cuivre rouge de 2 millimètres d'épaisseur, $0^m,40$ de diamètre et $0^m,55$ de hauteur ; timbre, 2 kg. Le fond inférieur était à peu près plat dans sa partie centrale ; à son pourtour, il était embouti d'abord suivant un congé de forme ordinaire, puis replié en forme d'U renversé (Pl. XIV, *fig.* 12 et 13), de telle	L'explosion est survenue une dizaine de minutes après que le contremaître avait vu le manomètre marquer 1 kg. 1/4 ou 1 kg. 1/2. L'avarie a consisté dans la séparation du fond inférieur qui avait pris une forme à contour légèrement elliptique ($0^m,36$ de petit axe). Sur les 5/6 de la périphérie, les têtes plates des rivets avaient été cisaillées · sur le 1/6	Une personne légèrement blessée n'a même pas subi d'incapacité de travail.	La cause principale paraît avoir été la forme défectueuse et le défaut de rigidité du fond inférieur ; sous l'action de la pression, ce fond s'est déformé et le repli de son pourtour s'est en partie arraché en cisaillant les têtes des rivets, qui n'offraient qu'une faible

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
		sorte que les rivets qui le réunissaient à la virole cylindrique avaient leurs deux têtes à l'extérieur de la chaudière : ces rivets en cuivre, au nombre de 32, mesuraient $4^{mm},5$ de diamètre ; leur tête extérieure était en goutte de suif, mais leur tête intérieure était aplatie et n'offrait que 1 millimètre environ d'épaisseur ; dans l'étroit sinus formé par le pli de la tôle et qui contenait ces têtes aplaties, on avait coulé un alliage composé de plomb, d'étain et d'un peu de cuivre. — Fabrication étrangère.	restant, la tôle de cuivre s'était déchirée suivant le sommet de l'U.		résistance, et en partie rompu lui-même au sommet de son angle.
26 déc.	Brasserie, à Dunkerque (Nord).	Bouilleur réchauffeur, cylindrique, de 1 mètre de diamètre et $3^{m},50$ de long, en tôle de fer de 13 millimètres, terminé à l'avant par une tête en fonte de 35 millimètres d'épaisseur, alimenté par une pompe et desservant une seule chaudière dont il pouvait être isolé par un robinet. Timbre, 6 kg.	Rupture de la tête en fonte (Pl. XIV. *fig.* 14) suivant le congé de son pourtour. La partie rompue tomba plutôt qu'elle ne fut projetée. La cassure était fraîche.	Néant.	Excès de pression hydraulique résultant vraisemblablement d'une fausse manœuvre des robinets.

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

DÉSIGNATION		NOMBRE	TUÉS	BLESSÉS (*)
I. — Par nature d'établissements.				
Mines, carrières et annexes.	Mine de houille	2	5	»
Usines métallurgiques...	Hauts-fourneaux	1	»	»
	Fonderie	1	1	1
Agriculture	Battage des grains	5	1	1
Industries alimentaires...	Sucrerie	1	7	6
	Minoterie	1	»	2
	Brasseries	3	1	2
Industries chimiques	Usine à gaz	1	»	1
	Usine de vulcanisation du caoutchouc	1	»	»
	Fabrique d'engrais	1	1	1
	Stéarinerie	1	»	1
Tissus et vêtements	Peignage, filature et tissage.	8	4	1
	Fabrique de dentelles	1	»	»
Papeteries, fabriques d'objets divers	Papeterie et cartonnerie	2	4	4
	Fabriques de lacets	2	1	1
Entreprises d'éclairage électrique (**)		8	»	2
Chemins de fer et tramways	Locomotives à vapeur	2	»	2
	Usine génératrice (traction par locomotives sans foyer)	2	»	»
Bateaux et engins flottants	Bateaux à vapeur pour transports divers	2	1	1
Totaux		45	26	26
II. — Par espèce d'appareils.				
1° *Chaudières chauffées en tout ou en partie à l'extérieur :*				
Horizontales non tubulaires	à foyer extérieur, à flamme directe	4	3	3
	à foyer extérieur, à flamme renversée	2	3	»
	à foyer intérieur	1	»	»
Horizontale semi-tubulaire à foyer intérieur		1	»	»
Verticale non tubulaire. à foyer extérieur (***)		1	»	»
Verticales à foyer intérieur	bouilleurs croisés	1	1	1
	faisceau croisé de tubes bouilleurs	1	»	»
A petits éléments (tubes d'eau)		15	3	3
2° *Chaudières non chauffées à l'extérieur :*				
Horizontales tubulaires...	à flamme directe	5	1	4
	à retour de flamme	3	»	1
3° *Réchauffeur*		1	»	»
4° *Récipients*		10	15	14
Totaux		45	26	26

(*) Ayant eu plus de vingt jours d'incapacité de travail. Pour les blessures moins graves, voir le bulletin détaillé, qui mentionne tous les blessés signalés par l'enquête administrative.

(**) Les quatre ruptures de tubes des 13 au 22 janvier 1897 (Avignon) ont été comptées comme un seul accident.

(***) Marmite de 0m,40 de diamètre et 0m,55 de hauteur.

III. — D'après les causes présumées résultant de l'étude des dossiers administratifs.

1° *Conditions défectueuses d'établissement :*

Fond en cuivre plié sous un trop court rayon	1	19
Insuffisance d'épaisseur ou de résistance de pièces de cuivre	2	
Forme défectueuse et défaut de rigidité de fonds	2	
Forme défectueuse d'un ciel de foyer intérieur	1	
Foyer intérieur à face plane insuffisamment entretoisée et affaiblie par rapprochement des trous de sa partie tubulaire	1	
Constitution défectueuse de l'assemblage du fond avec la partie cylindrique d'un récipient	1	
Faiblesse d'une tête en fonte de bouilleur	1	
Constitution et dispositions défectueuses d'une caisse d'appareil à multiple effet de sucrerie	1	
Boulons à charnière d'une disposition peu sûre ou de section insuffisante	2	
Insuffisance du nombre des boulons d'attache du tampon non autoclave d'un récipient	2	
Pièces en fonte de mauvaise forme ou prêtant aux dilatations inégales	1	
Tube vaporisateur mal fabriqué	3	
Malfaçon lors de la construction	1	

2° *Conditions défectueuses d'entretien :*

Corrosions intérieures d'une tête en fonte de bouilleur	1	19
Corrosions intérieures d'une tôle de bouilleur	1	
Corrosions intérieures d'un récipient	1	
Corrosions principalement extérieure d'un tube vaporisateur	1	
Corrosions profonde, du côté du feu, d'un ciel de foyer intérieur	1	
Corrosions d'un corps de chaudière ancien et mal entretenu	1	
Corrosions et fissuration d'un ciel de foyer intérieur le long de sa ligne de jonction avec une plaque tubulaire	1	
Fissuration dans l'embouti de la base de l'enveloppe d'un foyer intérieur de locomobile	1	
Fissuration aggravée par matage	1	
Fissuration le long d'une rivure, en dehors de la ligne des trous de rivets, et suivant une ligne de matage	1	
Fatigue et mauvais état d'une rivure circulaire	1	
Fissuration ou usure développée par l'emploi	3	
Usure de tubes à fumée	1	
Amincissement excessif d'un tube à fumée en laiton, dans sa partie raboutée en cuivre	1	
Amincissement local du côté extérieur d'un tube à fumée en fer	1	
Usure et altération du raboutage en cuivre d'un tube à fumée en acier, à ailettes intérieures	1	
Mauvais état du tampon non autoclave d'un récipient	1	

3° *Mauvais emploi des appareils* .

Surchauffe par manque d'eau	10	18
Surchauffe par défaut de nettoyage et surmenage	2	
Excès de pression résultant des conditions d'installation et de service	1	
Excès de pression résultant de fausse manœuvre	2	
Serrage de joints intempestif	3	

4° *Causes non précisées*		6
Total		62

NOTA. — On trouve 62 causes pour 45 accidents, parce que l'accident a été porté comme dû à la coexistence de :

A. — Deux causes dans six cas, savoir : 1° Tube vaporisateur mal fabriqué et surchauffe par défaut de nettoyage et surmenage (25 mars) ; 2° Insuffisance d'épaisseur d'un cylindre de cuivre, et usure développée par l'emploi (9 juin) ; 3° Forme défectueuse d'un ciel de foyer intérieur, et corrosion et fissuration d'un ciel de foyer le long de sa ligne de jonction avec la plaque tubulaire (20 août) ; 4° Constitution et dispositions défectueuses d'une caisse d'un appareil à multiple effet de sucrerie, et excès de pression résultant de fausse manœuvre (14 octobre) ; 5° Surchauffe par manque d'eau, et tube vaporisateur mal fabriqué (5 novembre) ; 6° Corrosion intérieure d'une tôle de bouilleur, et surchauffe par manque d'eau (16 novembre) ;

B. — Trois causes dans quatre cas, savoir : 1° Boulons à charnière d'une disposition peu sûre et de section insuffisante, serrage intempestif, et insuffisance du nombre des boulons (29 janvier) ; 2° Fatigue et mauvais état d'une rivure circulaire, faiblesse, ainsi que corrosion intérieure d'une tête en fonte de bouilleur (5 mars) ; 3° Fond en cuivre plié sous un trop court rayon, malfaçon lors de la construction, et fissuration développée par l'emploi (13 avril) ; 4° Formes défectueuses et défaut de rigidité de fonds, fissuration développée par l'emploi, et aggravée par matage (17 juin) ;

C. — Quatre causes dans un cas, savoir : Boulons à charnière d'une disposition peu sûre, serrage intempestif, mauvais état du tampon, insuffisance du nombre des boulons (28 janvier).

BULLETIN.

ACTES DE COURAGE ET DE DÉVOUEMENT.

ACCIDENTS SURVENUS DANS LES MINES ET CARRIÈRES.

Extrait des rapports du Ministre de l'Intérieur, approuvés par le Président de la République en 1898 (*).

NOMS, prénoms et qualités	LIEUX et dates	ANALYSE des faits	RÉCOMPENSES décernées — MÉDAILLES en or	MÉDAILLES en argent	MENTIONS honorables
		28 février 1898. ILLE-ET-VILAINE.			
LANDAIS (Edouard), FROGER (Frédéric), ouvriers boiseurs à la mine de Pontpéan, commune de Saint-Erblon.	Mines de plomb argentifère de Pontpéan. (16 septembre 1897.)	Se sont exposés à de sérieux dangers en portant secours à plusieurs de leurs camarades ensevelis sous un éboulement.		2e 2e	
		24 mars 1898. BOUCHES-DU-RHONE.			
TISSOT (Martial), ouvrier carrier, à Fontvieille.	Carrière à Fontvieille. (22 décembre 1897.)	A sauvé un ouvrier carrier en danger d'être enseveli sous un éboulement.			Mention honorable
		28 avril 1898. NORD.			
LENOIR (Aimable), mineur à Lallaing.	Mines de houille de Flines-les-Raches. (18 décembre 1897.)	A secouru un de ses camarades en péril au fond d'un puits de mine.		2e	

(*) Cet état fait suite à celui qui a été inséré dans le 2e volume de 1897 (p. 658).

NOMS, prénoms et qualités	LIEUX et dates	ANALYSE des faits	RÉCOMPENSES décernées — MÉDAILLES en or	MÉDAILLES en argent	MENTIONS honorables
		28 avril (*suite*).			
		PYRÉNÉES-ORIENTALES.			
Gondard, ancien chef mineur aux mines de Saint-Vincent, à Vernet-les-Bains.	Mines de fer de Saint-Vincent. (7 janvier 1898.)	Ont résolument porté secours à plusieurs mineurs ensevelis sous un éboulement.		1re	
Portes, chef de poste aux mêmes mines.				2e	
Calvet (Martin), ouvrier mineur aux mêmes mines.				2e	
Porte (Barnabé), ouvrier aux mêmes mines.	Id.	Ont fait preuve de courage et de dévouement dans la même circonstance.			Mention honorable
Parent (Isidore), ouvrier aux mêmes mines.					Id.
Romen (Joseph), ouvrier aux mêmes mines.					Id.
Parent (Hyacinthe), ouvrier aux mêmes mines.					Id.
		SEINE-INFÉRIEURE.			
Lemaistre (Paul), charpentier aux Loges.	Carrière souterraine à Vattetot-sur-mer. (2 novembre 1897).	A porté secours à un ouvrier tombé asphyxié dans une galerie envahie par l'acide carbonique.		2e	
		28 juin 1898.			
		LOIRE.			
Mercier (Étienne), mineur à la Compagnie des mines de la Loire.	Mines diverses	A sauvé au péril de sa vie un de ses camarades tombé dans un puisard.		2e	
Crépet (Jacques), piqueur au puits Monterrad, demeurant à Fayolle; 5 novembre 1889.		Ont fait preuve de courage et de dévouement lors d'accidents survenus dans les mines. M. Crépet est déjà titulaire de la médaille d'argent de 2e classe.		1re	
Flachat (Georges), gouverneur au puits Lachaux, demeurant à Firminy; 28 février 1895.				2e	

NOMS, prénoms et qualités	LIEUX et dates	ANALYSE des faits	RÉCOMPENSES décernées — MÉDAILLES en or	RÉCOMPENSES décernées — MÉDAILLES en argent	MENTIONS honorables
	28 juin 1898 (*suite*). LOIRE (*suite*).				
THOMAS (Jean), sous-gouverneur au puits Dolomieu, demeurant à Roche-la-Molière; 24 décembre 1879.	Mines diverses.	Ont fait preuve de courage et de dévouement lors d'accidents survenus dans les mines.		2e	
VÉROT (Joseph), piqueur au puits Malafolie, demeurant à Firminy; 8 mars 1888-5 novembre 1889.				2e	
PAULIAT (Pierre), mineur au puits Lachaux, demeurant à Firminy; 6 novembre 1895.				2e	
MIOCHE (Emmanuel), entrepreneur au puits Rolland, demeurant à la Ricamarie.				2e	
DRIOL (Jean-Marie), boiseur retraité à Saint-Etienne.				2e	
NÉBOIS (François), boiseur à Saint-Etienne.				2e	
TARDY (Jean-Baptiste) dit LE BRILLANT, machiniste à la Béraudière, demeurant à la Ricamarie; 26 octobre 1891.				2e	
DECITRE (Jean), mineur à la Ricamarie.				2e	
	12 juillet 1898. SEINE-INFÉRIEURE.				
PANCHOUT (Arsène-Alexandre), domicilié à Bordeaux-Saint-Clair.	Carrière souterraine à Vattetot-sur-mer. (3 mai 1898.)	N'a pas hésité à descendre dans une carrière pour porter secours à des ouvriers qui y gisaient asphyxiés.			Mention honorable
	28 août 1898. AVEYRON.				
JALLAT (Joseph), maître-mineur à la Compagnie des forges et houillères de Commentry-Fourchambault.	Mines de Decazeville. (1888-1898.)	A plusieurs fois exposé sa vie pour secourir des mineurs ensevelis sous des éboulements.		2e	

NOMS, [pré]noms et qualités	LIEUX et dates	ANALYSE des faits	RÉCOMPENSES décernées — MÉDAILLES en or	RÉCOMPENSES décernées — MÉDAILLES en argent	RÉCOMPENSES décernées — MENTIONS honorables
28 août 1898 (*suite*).					
PAS-DE-CALAIS					
[...]utte (Léopold), porion aux mines [de D]rocourt.	Mines de houille de Drocourt. (2 mars 1898.)	A couru de graves dangers en secourant un mineur surpris par un éboulement dans une galerie de mine.		2e	
VAUCLUSE.					
[...]t (Prosper), ouvrier [...]ur à Bollène.	(23 mai 1898).	Sauvetage de deux personnes restées au fond d'un puits de carrière envahi subitement par les eaux.			Mention honorable
28 septembre 1898.					
EURE-ET-LOIR.					
[...]e (Joseph), de[meu]rant à Bouglainval.	Carrière souterraine à Bailleau-sous-Gallardon. (14 juillet 1898.)	Ont, au péril de leur vie, retiré d'une marnière souterraine, infectée d'acide carbonique, quatre personnes dont deux étaient déjà asphyxiées.		2e	
[...]is (Achille), culti[vate]ur à Bailleau-sous-[Gall]ardon.				2e	
28 octobre 1898.					
LOIRE.					
[...]nger (François), [...]eur aux mines de [Sain]t-Etienne.	Mines de houille du Treuil, puits Villiers. (15 août 1898.)	Ont porté secours à deux mineurs ensevelis sous un éboulement. M. Boulanger a été blessé.		2e	
[...]d (J.-Pierre), rem[blay]eur au même lieu.					Mention honorable
[...] (Philippe), rem[blay]eur au même lieu.					Id.
[...]acques-Louis), rem[blay]eur au même lieu.					Id.
SAÔNE-ET-LOIRE.					
[...]s (Claude), mineur [à S]aint-Bérain.	Mines de houille de Saint-Bérain. (11 juillet 1898.)	A porté secours à un mineur sur le point d'être asphyxié au fond d'un puits.			Id.

NOMS, prénoms et qualités	LIEUX et dates	ANALYSE des faits	RÉCOMPENSES décernées: MÉDAILLES en or	MÉDAILLES en argent	MENTIONS honorables
		28 décembre 1898. PAS-DE-CALAIS.			
NAVARRE (Adolphe), mineur à Carvin.	Mines de houille de Carvin. (26 mai 1898.)	Ont fait preuve du plus grand dévouement en sauvant un mineur enseveli sous un éboulement.		2e	
DELETOMBE (Augustin), mineur à Carvin.					Mention honorable
BOULET (Jean-Baptiste), mineur à Carvin.					Id.
		SAÔNE-ET-LOIRE.			
PERRAT (Antoine-Elie), chef de poste aux mines de la Chapelle-sous-Dun.	Mines de houille de la Chapelle-sous-Dun. (8 septembre 1897.)	A fait preuve du plus courageux dévouement en retirant d'un puits de mine les corps de trois ouvriers qui y étaient tombés asphyxiés.		2e	

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA BELGIQUE EN 1897.

I. — Charbonnages.

1° *Exploitation.* — La production houillère de la Belgique a été, en 1897, de 21.492.446 tonnes, d'une valeur totale de 220.672.100 francs. Ces résultats, comparés à ceux de 1896 (*), accusent une augmentation de 240.076 tonnes et 18.662.000 francs.

La valeur moyenne de la tonne a été de 10 fr. 26, soit 0 fr. 75 de plus que l'année précédente.

(*) Voir, pour la Statistique de 1896, *Annales des Mines*, 2e vol. de 1897, p. 660.

L'extraction s'est répartie comme suit entre les districts houillers :

	Tonnes.	Francs.
Hainaut..................	15.422.800	157.376.100
Namur....................	533.580	4.656.200
Liège..	5.536.066	58.639.800
Totaux	21.492.446	220.672.100

L'effectif du personnel ouvrier s'est élevé à 120.382 travailleurs, soit 1.136 de plus qu'en 1896 ; en voici la répartition :

		Ouvriers à l'intérieur	Ouvriers à la surface
Hommes et garçons	au-dessus de 16 ans.......	81.678	21.536
	de 14 à 16 ans............	4.223	1.384
	de 12 à 14 ans............	1.804	1.147
Femmes et filles	au-dessus de 21 ans.......	549	1.554
	de 16 à 21 ans............	87	3.774
	de 14 à 16 ans............	»	2.646
	Totaux............	88.341	32.041
		120.382	

Depuis l'année 1891, qui a précédé celle de la mise en vigueur dans les mines de la loi du 13 décembre 1889 sur le travail, le nombre des femmes et des filles occupées à l'intérieur des travaux a diminué de 3.055, soit de 83 p. 100. La catégorie des jeunes filles au-dessous de 16 ans a même entièrement disparu en 1894.

Quant aux enfants au-dessous de 16 ans employés souterrainement, leur nombre s'est réduit de près du tiers.

La production par ouvrier du fond a été de 243 tonnes.

La production par ouvrier du fond et de la surface réunis a été de 179 tonnes, 1 de plus que l'année précédente.

Le montant des salaires s'est élevé, en 1897, à la somme de 123.258.500 francs, ce qui établit le salaire annuel moyen de l'ouvrier, sans distinction de travail ni de sexe, à 1.023 francs, 53 de plus qu'en 1896. En réalité, si l'on déduit les retenues pour les institutions de prévoyance, certaines consommations au compte de l'ouvrier, ce salaire se réduit à 1.006 francs, et le salaire journalier moyen, à 3 fr. 40. Par rapport à l'année précédente, ce salaire s'est accru de 4,4 p. 100.

Le salaire journalier net de 3 fr. 40 se décompose comme suit :

Ouvriers de la surface	2f,52
Ouvriers du fond	3f,72

— Si l'on distingue les exploitations qui ont présenté des excédents de recettes ou de dépenses, on trouve qu'il y a eu :

94 charbonnages en gain, avec un bénéfice de..	21.302.450 francs
23 — en perte, avec un déficit de...	1.745.700 —
Soit une différence en faveur des recettes de..	19.556.750 francs

2° *Mouvement commercial des combustibles.* — Le mouvement commercial des combustibles en Belgique, durant l'année 1897, se résume dans les chiffres suivants :

			Tonnes.
Production			21.492.446
Importation...	Houille	2.017.344	2.384.723
	Briquettes	632	
	Coke	269.606	
Exportation....	Houille	4.448.544	6.239.499
	Briquettes	615.074	
	Coke	909.486	
Consommation			17.637.670

Le coke a été exprimé en houille dans le total de l'importation, de l'exportation et de la consommation, à raison d'un rendement en coke de 73,5 p. 100 de houille.

Quant aux briquettes, il a été compté 90 kilogrammes de houille pour 100 kilogrammes d'agglomérés.

II. — Mines métalliques et minières.

La production des mines métalliques et des minières de la Belgique, en 1897, a été la suivante :

	Tonnes.		Francs.
Minerais de fer	240.774	valant	1.264.510
Minerais de plomb	108		16.150
Minerais de zinc	10.954		578.050
Pyrite	1.828		19.950
Minerais de manganèse	28.372		342.700
Représentant une valeur totale de			2.221.360

Cette valeur est inférieure de 177.540 francs à celle de l'année précédente.

L'effectif du personnel ouvrier a été de 1.934 individus, ne comprenant ni femmes, ni filles, ni garçons au-dessous de 16 ans.

Des 9 mines concédées en activité (non compris les minières), 2 ont réalisé un bénéfice global de 124.900 francs, et 7 ont perdu ensemble 76.500 francs. Le bénéfice général s'est donc élevé à 48.400 francs.

III. — Carrières.

Le tableau ci-dessous indique, pour l'année 1897, les quantités et les valeurs des produits extraits des carrières belges :

	QUANTITÉS.		VALEURS.
Pierres de taille	181.746	m. cubes.	15.384.620 fr.
Poudingue	220	m. cubes.	27.500
Chaux, moellons et pierrailles	3.010.877	m. cubes.	13.653.651
Pierres à paver	95.542.700	pièces.	8.699.375
Dalles et carreaux	107.572	m. carrés.	358.230
Marbre	17.797	m. cubes.	2.359.770
Ardoises	41.422.000	pièces	1.654.300
	1.445	m. cubes.	24.600
Pierres à faux et à rasoir	43.150	pièces.	83.700
Castine	225.300	m. cubes.	445.425
Dolomie	52.720	m. cubes.	69.540
Terre plastique	270.715	tonnes.	1.799.760
Marne et craie	204.600	m. cubes.	453.400
Sable	559.141	m. cubes.	1.185.980
Silex pour faïencerie	23.050	m. cubes.	88.600
Silex, gravier et pierrailles pour empierrement	235.495	m. cubes.	554.095
Terres ocreuses et autres pour couleurs	350	m. cubes.	7.250
Sulfate de baryte	23.000	tonnes.	161.000
Feldspath	1.100	m. cubes.	9.700
Phosphate de chaux	121.180	m. cubes.	1.039.530
Craie phosphatée	229.380	m. cubes.	1.144.280
Représentant une valeur totale de			49.204.306

Les augmentations se sont principalement portées sur les matériaux de construction.

Il y a eu 1.523 carrières en exploitation, comprenant dans leur ensemble 1.170 sièges à ciel ouvert et 599 sièges souterrains, et occupant 32.601 ouvriers.

La province d'Anvers et les deux Flandres ne sont pas comprises dans le tableau ci-dessus. Elles ne fournissent d'ailleurs

que des argiles *tertiaires* servant à la fabrication des briques, carreaux et tuiles, ainsi que des sables de même formation, employés, entre autres usages, à la fabrication du verre.

IV. — Métallurgie.

Les usines métallurgiques sont réparties en cinq groupes :

1° *Hauts-fourneaux.*

Nombre d'usines (actives)	17
Nombre de hauts-fourneaux (actifs)	36
Nombre d'ouvriers	3.476
Production en fonte	1.035.037 tonnes
Valeur de la production	60.720.380 francs
Prix moyen de la tonne	58f,66

2° *Usines à fer.*

Nombre d'usines (actives)	47
Nombre de fours à puddler (actifs)	339
— à réchauffer (id.)	159
— autres (id.)	209
Nombre d'ouvriers	15.103
Production en fers finis	474.819 tonnes.
Valeur de la production	64.394.908 francs.
Prix moyen de la tonne	135f,61

3° *Aciéries.*

Nombre d'usines (actives)	11
Nombre de fours Martin (actifs)	9
Nombre de convertisseurs (actifs)	17
Nombre de fours à réchauffer (actifs)	44
Nombre d'ouvriers	5.876
Production en acier (produits finis)	527.617 tonnes.
Valeur de la production	62.828.880 francs.
Prix moyen de la tonne	132f,34

4° *Usines à zinc.*

Nombre d'usines (actives)	12
Nombre de fours (actifs)	396
Nombre d'ouvriers	5.278
Production en zinc brut	116.067 tonnes.
Valeur de la production	49.680.450 francs.
Prix moyen de la tonne	428 francs.

5° *Usines à plomb et à argent.*

Nombre d'usines (actives)		4
Nombre de fours à manche (actifs)		19
— à réverbère (id.)		10
— de coupelle (id.)		9
Nombre d'ouvriers		1.018
Production	Plomb brut	17.023 tonnes.
	Argent	30.073 kilog.
Valeur de la production	Plomb brut	5.508.800 francs.
	Argent	3.157.109 francs.
Prix moyen	de la tonne de plomb brut	323f,61
	du kilogramme d'argent	104f,98

V. — Accidents.

Les accidents survenus dans le courant de l'année 1896 se répartissent comme suit :

	CHARBONNAGES	MINES metal-liques et minières	CARRIÈRES souterraines	USINES métallurgiques	TOTAL
Nombre d'accidents	306	2	5	59	372
Morts	124	2	3	21	150
Blessés grièvement	201	0	2	41	244

Le nombre des ouvriers occupés dans les charbonnages ayant été (fond et surface réunis) de 120.382, la proportion des ouvriers tués, afférente à l'industrie houillère, a été de 1,03 par 1.000 travailleurs. Elle avait été de 1,14 l'année précédente.

La classification par *causes* des accidents survenus dans les houillères est donnée dans le tableau suivant :

	Nombre des Accidents	Nombre des Tués	Nombre des Blessés
I. — *Intérieur des travaux.*			
Accidents survenus dans les puits, tourets ou descenderies servant d'accès aux travaux souterrains. — A l'occasion de la translation des ouvriers — Par câbles, cages, cuffats, etc.	10	5	7
— Par échelles	1	3	1
— Par fahrkunst	1	»	1
Par éboulements, chutes de pierres et corps durs	1	1	»
Dans d'autres circonstances	5	3	2
Accidents survenus dans les puits intérieurs et les cheminées d'exploitation — Par l'emploi des câbles	2	1	1
— Par l'emploi des échelles	»	»	»
— Dans d'autres circonstances	4	5	»
Éboulements (y compris les chutes de pierres et blocs de houille, etc.) dans les chantiers et les voies	116	67	57
Accidents causés par le grisou. — Dégagement normal. — Inflammations dues aux coups de mines	»	»	»
— aux appareils d'éclairage — Ouverture de lampes	»	»	»
— Défectuosités, bris, etc.	1	»	2
— à des causes diverses ou inconnues	»	»	»
— Asphyxies	1	1	»
Irruptions subites suivies d'inflammation	»	»	»
— d'asphyxies, de projections de charbon ou de pierres, etc.	3	4	»
Asphyxies par d'autres gaz que le grisou	»	»	»
Coups d'eau	»	»	»
Emploi des explosifs — Tirage des mines	20	3	18
— Autres causes	6	»	6
Transport et circulation des ouvriers — Sur voies de niveau ou peu inclinées	32	8	24
— Sur voies inclinées où le transport se fait par hommes et chevaux	4	»	4
— treuils ou poulies	28	9	20
— traction mécanique	1	1	»
Causes diverses	37	5	33
Totaux	273	116	176
II. — *Surface.*			
Chutes dans les puits	1	1	»
Manœuvres de véhicules	16	4	12
Machines et appareils mécaniques	7	1	6
Causes diverses	9	2	7
Totaux	33	8	25
Totaux généraux	306	124	201

(Extrait de la *Statistique des mines, minières, carrières, usines métallurgiques et appareils à vapeur* du Royaume de Belgique, pour l'année 1897, par M. E. Harzé.)

BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1898 (*).

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

APPELL (M.). — Éléments d'analyse mathématique, à l'usage des ingénieurs et des physiciens. Cours professé à l'École centrale des arts et manufactures. In-8°, 725 p. avec fig. Paris, Carré et Naud. (14283)

DRACH (J.). — Essai sur une théorie générale de l'intégration et sur la classification des transcendantes (thèse). In-4°, 150 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9904)

FLOQUET (G.). — Sur le mouvement d'un point ou d'un fil glissant sur un plan horizontal fixe lorsqu'on tient compte de la rotation de la terre et du frottement. In-8°, 16 p. avec fig. Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie. (9383)

MAROTTE (F.). — Les Équations différentielles linéaires et la théorie des groupes (thèse). In-4°, 97 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9956)

POINCARÉ (H.). — Les Méthodes nouvelles de la mécanique céleste. T. 3: Invariants intégraux; Solutions périodiques du deuxième genre; Solutions doublement asymptotiques. In-8°, 418 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 13 fr. (12062)

ROCQUIGNY-ADANSON (G. DE). — Sur les progressions arithmétiques. In-8°, 10 p. Moulins, impr. Auclaire (Extr. de la *Revue scient. du Bourbonnais et du Centre de la France*). (9232)

(*) Les numéros qui figurent à la suite de chaque ouvrage sont ceux sous lesquels ces ouvrages sont respectivement inscrits dans la Bibliographie française et dans les Bibliographies étrangères.

Weber (H.). — Traité d'algèbre supérieure; par *Henri Weber*, professeur de mathématiques à l'Université de Strasbourg. Traduit de l'allemand, sur la deuxième édition, par *J. Griess*, professeur de mathématiques au lycée Charlemagne. In-8°, xi-764 pages. Paris, Gauthier-Villars et fils. 22 fr. (10031)

2° *Physique et Chimie.*

Bagard (H.). — Sur la réalité du phénomène de Hall dans les liquides. In-4° à 2 col., 7 p. Paris, Carré et Naud (Extr. de *l'Éclairage électrique*). (8209)

Berthelot et E. Jungfleisch. — Traité élémentaire de chimie organique; 4e édition, revue et considérablement augmentée. T. Ier. In-8°, xx-752 p. avec fig. Paris, Ve Dunod. (10594)

Bertrand (L.). — Sur les moyens d'assurer le fonctionnement permanent du siphon. In-8°, 38 p. avec fig. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie (Extr. de la *Revue du Génie militaire*). (14044)

Bourgeois (L.). — Sur un chlorate basique de cuivre cristallisé. In-8°, 4 p. Paris, Impr. nationale (Extr. du *Bull. du Muséum d'hist. nat.*). (11435)

Bouty (E.). — Nouvelle méthode pour la mesure de l'intensité des champs magnétiques. In-4° à 2 col., 16 p. avec fig. Paris, Carré et Naud (Extr. de *l'Éclairage électrique*). (9569)

Carnot (A.). — Traité d'analyse des substances minérales. T. Ier: Méthodes générales d'analyse qualitative et quantitative. In-8°, 996 p. avec fig. Paris, Ve Dunod. 35 fr. (14059)

Cavalier (J.). — Recherches sur les éthers phosphoriques (thèse). In-8°, 115 p. Rennes, impr. Simon. (8247)

Chrétien (P.). — Étude de l'action qu'exercent quelques acides sur l'acide iodique et les iodates (thèse). In-8°, 82 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9889)

Dacremont (E.). — Électricité. Première partie: Théorie et Production; Étude générale des phénomènes électriques; Piles; Magnétisme; Électro-magnétisme; Induction électro-magnétique; Courants alternatifs, etc. In-16, xi-494 p. avec fig. Paris, Ve Dunod. (13128)

Décombe (L.). — Résonance multiple des oscillations électriques (thèse). In-8°, 55 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9900)

Denigès (G.). — Précis de chimie analytique. In-16, 795 p. avec fig. Lyon, Storck et Cie. (14365)

DONGIER (R.). — Pouvoir rotatoire du quartz dans l'infra-rouge (thèse). In-8°, 150 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (11963)

DUHEM (P.). — Traité élémentaire de mécanique chimique fondée sur la thermodynamique. T. III : les Mélanges homogènes ; les Dissolutions. In-8°, 384 p. avec fig. Paris, Hermann. (13615)

FABRY (C.). — Sur le champ magnétique au centre d'une bobine cylindrique et la construction des bobines de galvanomètres. In-4° à 2 col., 11 p. avec fig. Paris, Carré et Naud (Extr. de *l'Éclairage électrique*). (14392)

FRIEDEL. — Rapport de M. Friedel sur les spectres de dissociation. L'Analyse spectrale directe des minéraux et celle des sels fondus ; par M. *A. de Gramont*. In-8°, 7 p. Paris, Impr. nationale (Extr. de la *Revue des travaux scientifiques*). (8579)

LEBEAU (P.). — Recherches sur le glucinium et ses composés (thèse). In-8°, 53 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9941)

LEDUC (A.). — Recherches sur les gaz. Volumes moléculaires et états correspondants. In-8°, 116 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 2f,50. (14130)

LEMOULT (P.). — Recherches sur la polymérisation de quelques composés cyaniques (thèse). In-8°, 102 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9944)

LIÉNARD (A.). — Champ électrique et magnétique produit par une charge électrique concentrée en un point et animée d'un mouvement quelconque. In-4° à 2 col., 23 p. avec fig. Paris, Carré et Naud (Extr. de *l'Éclairage électrique*). (10936)

—— La Théorie de Lorentz et celle de Larmor. In-4° à 2 col., 20 p. avec fig. Paris, Carré et Naud (Extr. du même recueil). (12709)

MARQFOY (G.). — Note sur deux bases fondamentales de la théorie chimique. In-8°, 6 p. Paris, Carré et Naud (Extr. des *Actualités chimiques*). (8364)

METZNER (R.). — Sur quelques composés du sélénium et du tellure (thèse). In-8°, 95 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9967)

MONTEL (S.-A.). — Contribution à l'étude des décharges atmosphériques. In-4° à 2 col., 7 p. Paris, Carré et Naud (Extr. de *l'Éclairage électrique*). (11797)

NIEWENGLOWSKI (G.-H.). — Technique et Applications des rayons X. Traité pratique de radioscopie et de radiographie. In-8°, 167 p. avec 78 fig. et 8 pl. Paris, Radiguet. 3 francs. (8678)

OTTO (M.). — L'Ozone, sa nature, sa production, ses propriétés chimiques et ses applications ; conférence faite à la Sorbonne,

le 27 mars 1897. In-8°, 34 p. avec fig. Paris, Carré et Naud (Extr. des *Actualités chimiques*). (9201)

QUESNEVILLE (G.). — De la double réfraction elliptique et de la tétraréfringence du quartz dans le voisinage de l'axe. In-8°, XIV-361 p. avec fig. et pl. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9475)

ROSSI (A.-G.). — Sur la mesure de la différence de phase entre courants alternatifs sinusoïdaux par les effets électrodynamiques et par la méthode de Lissajous et des champs Ferraris. In-4° à 2 col., 27 p. avec fig. Paris, Carré et Naud (Extr. de *l'Éclairage électrique*). (9809)

SACERDOTE (P.). — Sur les déformations élastiques des vases minces. In-8°, 7 p. avec fig. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Journal de Physique*). (13216)

TASSILLY (E.). — Étude de quelques combinaisons halogénées basiques ou ammoniacales des métaux (thèse). In-8°, 94 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (10016)

TRUCHOT (P.). — Les terres rares (minéralogie, propriétés, analyse). In-8°, v-318 p. Paris, Carré et Naud. (11858)

TURPAIN. — Le Nouveau Domaine de l'électricité. Les Expériences de Hertz et leurs applications pratiques; conférence faite à la Société des Sciences naturelles de La Rochelle, le 18 juin 1898. In-8°, 18 p. La Rochelle, impr. Texier. (10284)

URBAIN (G.). — Sur la complexité des terres rares ; conférence faite au laboratoire de M. Friedel. In-8°, 12 p. Paris, Carré et Naud (Extr. des *Actualités chimiques*). (10781)

VAN AUBEL (E.). — Action du magnétisme sur les spectres des gaz. In-8°, 3 p. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Journal de Physique*). (11623)

VAN'T HOFF (J.-H.). — Leçons de chimie physique, professées à l'Université de Berlin, par *J.-H. Van't Hoff*, membre de l'Académie des Sciences de Berlin. Ouvrage traduit de l'allemand par M. *Corvisy*, professeur agrégé au lycée de Saint-Omer. Première partie : la Dynamique chimique. In-8°, 267 p. avec fig. Paris, Hermann. (13507)

WEISS (P.). — Un nouvel électro-aimant de laboratoire donnant un champ de 30.000 unités. In-4° à 2 col., 7 p. avec fig. Paris, Carré et Naud (Extr. de *l'Éclairage électrique*). (10298)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

ANASTASIU (V.). — Contribution à l'étude géologique de la Dobrogea (Roumanie). Terrains secondaires (thèse). In-8°, 134 p. et carte. Paris, Carré et Naud. (9294)

BELLOC (E.). — Glaciers et Cours d'eau souterrains du versant septentrional de la Maladetta. In-8°, 20 p. Paris, Impr. nationale (Extr. de la *Revue des travaux scientifiques*). (9550)

BERTRAND (M.). — Le Bassin crétacé de Fuveau et le Bassin houiller du Nord. In-8°, 86 p. et 3 pl. Paris, Ve Ch. Dunod (Extr. des *Annales des Mines*). (12853)

BOULE (M.) et L. FARGES. — Le Cantal. Guide du touriste, du naturaliste et de l'archéologue. In-16, 316 p. avec 85 dessins et phot. et 2 cartes en coul. Paris, Masson et Cie. (8226)

Carte géologique de l'Algérie, à l'échelle de 1/50.000. Feuille n° 63: Blida (Algérie, département d'Alger). — Feuille n° 86: Médéa (Algérie, département d'Alger). Paris, grav. et impr. Erhard frères. (934)

Carte géologique de la France (en 4 feuilles), à l'échelle de 1/1.000.000, exécutée en utilisant les documents publiés par le service de la carte géologique détaillée de la France. Héliogravure d'Arents, d'après la photographie de Huguenin. Paris, Baudry et Cie. Prix des 4 feuilles : 9f,50. (932)

Carte géologique de la France au 1/320.000. Feuille 8 : Lille. 6 fr. Paris, Ministère des travaux publics. (1099)

Carte géologique détaillée de la France au 1/80.000. N° 233 : Montpellier. — N° 49 : Meaux. — N° 169 *bis* : Albertville. — N° 164 : Limoges. Chaque carte, 6 fr. (chaque carte est accompagnée d'une notice explicative). Paris, Ministère des travaux publics. (1100)

—— Feuille n° 53: Sarrebourg. — Feuille n° 213 : Saint-Martin-Vésubie. Paris, Erhard frères. (1101)

DEMARTY (J.). — Les pierres d'Auvergne employées dans la joaillerie, la tabletterie et les arts décoratifs. In-8°, 64 p. Paris, Klincksiek. Chamalières (Puy-de-Dôme), l'auteur. (11473)

DOUXAMI (H.) et J. RÉVIL. — Note sur les terrains tertiaires du plateau des Déserts, près Chambéry (Savoie). In-8°, 20 p. et carte. Paris, Baudry et Cie (*Bull. des services de la carte géol. de la France et des topogr. souterraines*). (14373)

DUPIN (E.). — Essai sur la recherche des origines géologiques du

globe terrestre. In-8°, 45 p. avec fig. Aurillac, Impr. moderne. (9636)

Ficheur (E.). — La Kabylie du Djurjura. In-4°, IX-408 p. avec fig. et planches Alger, impr. Fontana et Cie (*Matériaux pour la carte géologique de l'Algérie*). (9382)

Flamand (G.-B.-M.). — Notions élémentaires de lithologie et de géologie appliquées aux grandes zones culturales de l'Algérie et de la Tunisie. In-8°, 42 p. Paris, Challamel (Extr. du *Manuel pratique de l'agriculteur algérien*). (9102)

Fliche (P.). — Note sur les tufs du Brabant (Vosges) et les variations du Noisetier commun. In-8°, 8 p. et planche. Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie. (9919)

—— Les Naturalisations forestières en France et la paléontologie. In-8°, 16 p. Besançon, impr. Jacquin (Communication faite à la réunion biologique de Nancy le 1er décembre 1897). (10901)

Hamy (E.-T.). — Note sur des œufs d'autruches provenant de stations préhistoriques du grand Erg. In-8°, 3 p. Paris, Impr. nationale (Extr. du *Bull. du Muséum d'hist. nat.*). (11523)

Hoc (E.). — Notions sur les nappes d'eau souterraines. In-8°, 47 p. avec fig. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie (Extr. de la *Revue du Génie militaire*). (14114)

Lacroix (A.). — Matériaux pour la minéralogie de Madagascar. In-8°, 3 p. Paris. Impr. nationale (Extr. du *Bull. du Muséum d'hist. nat.*). (11539)

—— Le Granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact. Premier mémoire : les Contacts de la Haute-Ariège. In-8°, 68 p. avec 14 fig. et 3 pl. dans le texte. Paris, Baudry et Cie (*Bull. des services de la carte géol. de la France et des topogr. souterraines*). (14413)

Lapparent (A. de). — Leçons de géographie physique. 2e édition, revue et augmentée. In-8°, XVI-718 p. avec 163 fig. et 1 pl. en couleurs. Paris, Masson et Cie. (8624)

—— Les Anciens Glaciers. In-8°, 167 p. avec grav. Tours, A. Mame et fils. (10695)

Laville (A.). — Étude des limons et graviers quaternaires à silex taillés de la Glacière, Bicêtre et Villejuif, suivie d'une Note sur un gisement de silex taillés dans les limons à briques de Mantes-la-Ville. In-8°, 20 p. avec fig. Paris, Masson et Cie (Extr. de *l'Anthropologie*). (11306)

Lombard-Dumas (A.). — Sources incrustantes modernes en Algérie; Miocènes aux environs de Sommières. In-8°, 4 p. Nîmes, impr. Chastanier. (14472)

Martel (E.-A.). — La Spéléologie, ou science des cavernes. In-8°, 24 p. Melun, Impr. administrative (Ministère de l'instruction publique et des beaux-arts). (8660)
—— L'Exploration scientifique des cavernes souterraines découvertes de 1890 à 1897. In-8°, 21 p. avec grav. Paris, 28, rue Serpente (Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences). (9957)
Pomel (A.). — Bœufs-Taureaux. In-8°, 108 p. et planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l'Algérie. Paléontologie. Monographies). (9458)
—— Bubalus antiquus. In-4°, 94 p. et planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l'Algérie). (9459)
—— Caméliens et Cervidés. In-4°, 52 p. et planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l'Algérie). (9460)
—— Les Antilopes Pallas. In-4°, 56 p. et planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l'Algérie). (9461)
—— Les Bosélaphes Ray. In-4°, 61 p. et planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l'Algérie). (9462)
—— Les Éléphants quaternaires. In-4°, 68 p. et planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l'Algérie). (9463)
—— Les Hippopotames. In-4°, 65 p. et planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l'Algérie). (9464)
—— Les Rhinocéros quaternaires. In-4°, 49 p. et planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l'Algérie). (9465)
—— Les Ovidés. In-4°, 33 p. et 14 planches. Alger, impr. Fontana et Cie (Carte géologique de l-Algérie). (10511)
Popovici (V.). — Étude géologique des environs de Campulung et de Sinaia (Roumanie). In-8°, 228 p. Paris, Carré et Naud. (9779)
Renault (B.). — Du mode de propagation des Bactériacées dans les combustibles fossiles et du rôle qu'elles ont joué dans leur formation. In-8°, 17 p. Autun, impr. Dejussieu (Extr. des *Proc.-verb. de la Soc. d'hist. nat. d'Autun*). (13463)
Renault (B.) et A. Roche. — Notice sur la constitution des lignites et les organismes qu'ils renferment, suivie d'une note préliminaire sur les schistes lignitifères de Menat et du Bois-d'Asson. In-8°, 41 p. et 3 pl. Autun, Dejussieu (Extr. du *Bull. de la Soc. d'hist. nat. d'Autun*). (11593)
Repelin (J.). — Formation progressive du relief de la Provence. In-8°, 15 p. et cartes. Marseille, impr. Barlatier (Extr. de l'ouvrage *Études sur Marseille et la Provence*). (14540)
Riaz (A. de). — Description des Ammonites des couches à *Peltoceras transversarium* (oxfordien supérieur) de Trept (Isère);

Gr. in-4°, 73 p. et planches. Lyon, Georg et Cie. Paris, Masson et Cie. (9806)

RISLER (E.). — Géologie agricole. Première partie du Cours d'agriculture comparée fait à l'Institut national agronomique. T. Ier, 2e édition. In-8°, VIII-392 p. avec 19 grav. hors texte. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie. Paris, libr. agricole de la Maison rustique. (10759)

TORCAPEL et ZACHAREWICZ. — Notice explicative de la carte agronomique de la commune d'Avignon. In-8°, 30 p. Avignon, lib. Seguin (Société d'Agriculture de Vaucluse). (14762)

WALLERANT (F.). — Mémoire sur la fluorine. In-8°, 44 p. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Bull. de Minéralogie*). (10297)

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

ARNAL (L.). — Traité de mécanique (Statique ; Cinématique ; Dynamique ; Hydraulique ; Résistance des matériaux ; Chaudières à vapeur ; Moteurs à vapeur et à gaz). T. III : Statique graphique et Résistance des matériaux. In-8° à 2 col., 487 p. avec fig. Paris, Fanchon et Artus. 16 fr. (9303)

—— —— T. IV : Chaudières à vapeur ; Moteurs à vapeur et à gaz. In-8° à 2 col., 756 p. avec fig. Paris, Fanchon. 25 fr. (9304)

CAMILLE-GROLLET. — Transports aériens par câbles métalliques. Projet pour l'Exposition universelle de 1900. Étude technique. In-8°, 16 p. et 9 pl. Paris, impr. Mangeot. (13293)

GRAFFIGNY (H. DE). — Manuel du conducteur de machines. In-18 jésus, 324 p. avec 78 fig. Paris, Fritsch. (13158)

GUILHAUMON (J.-B.). — Éléments de machines à vapeur. In-8°, 229 p. avec 129 fig. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie. 5 fr. (11520)

HIRSCH (J.). — Résumé du cours de machines à vapeur et locomotives professé à l'École nationale des ponts et chaussées. 2e édition. In-8°, 513 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (12504)

KŒCHLIN (M.). — Applications de la statique graphique. Texte. 2e édition, revue et augmentée. In-8°, XIX-626 p. avec fig. Paris, Baudry et Cie. (10923)

LAVERGNE (G.). — Les Turbines. 2e édition. In-16, 207 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils ; Masson et Cie. 2f,50. (10698)

LECORNU (L.). — Régularisation du mouvement dans les machines. In-16, 219 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils ; Masson et Cie. (9157)

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

BRUNSWICK (E.-J.). — Notice sur les moteurs asynchrones polyphasés, système Boucherot. Gr. in-8°, 14 p. avec fig. Paris, impr. de Soye et fils (Extr. de *l'Electricien*). (8494)

BURTHE (P.-L.). — Notice sur le sélecteur Paul David. In-8°, 27 p. et planche. Paris, Ve Ch. Dunod (Extr. des *Annales des Mines*). (12871)

CODRON (C.). — Procédés de forgeage dans l'industrie. Deuxième partie (2e volume). In-8°, 428 p. et album in-8° de 51 pl. Paris, Bernard et Cie. (12204)

COSTA (J.). — Télégraphie électrique sans fils. In-8°, 9 p. avec fig. Marseille, impr. Barlatier (Extr. du *Bull. de la Soc. scient. de Marseille*). (14074)

DERENNES (E.). — Étude sur l'épuration des eaux séléniteuses, chlorurées et magnésiennes, et en particulier épuration des eaux de la ligne de Sfax à Gafsa. Troisième partie. In-4°, 13 p. Paris, Chaix. (8539)

GAGES (L.). — Traité de métallurgie du fer. T. II : Travail des métaux. Avec 244 grav. dans le texte. Grand in-8°, 392 p. Paris, Fritsch. (13840)

GUYE (C.-E.). — Le Calcul graphique des courants alternatifs industriels. Deuxième partie : Étude des circuits. In-4° à 2 col., 16 p. avec fig. Paris, Carré et Naud (Extr. de *l'Éclairage électrique*). (12677)

KAPP (G.).— Constructions électromécaniques. Recueil d'exemples de construction, et Calculs de machines dynamos et appareils électriques industriels; par *Gisbert Kapp*. Traduit de l'allemand par *A.-O. Dubsky* et *P. Girault*, ingénieurs-électriciens. Avec 25 pl. hors texte et 54 fig. dans le texte. In-4°, II-209 p. Paris, Baudry et Cie. (9687)

LE VERRIER (U.). — La Fonderie. In-16, 164 p. avec fig. Paris. Gauthier-Villars ; Masson et Cie. (13023)

Méthodes d'analyse des terres du comité consultatif des stations agronomiques et des laboratoires agricoles. In-8°, 45 p. Paris, Impr. nationale (Ministère de l'agriculture). (10951)

MONTILLOT (L.). — Télégraphie pratique. Traité complet de télégraphie électrique, à l'usage des agents des postes et télégraphes et des chemins de fer, des constructeurs d'appareils télégraphiques, etc. In-8°, 628 p. avec fig. Paris, Ve Dunod. (8369)

Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle, publiée sous la direction de *F. Billon*, ingénieur-chimiste. 5e volume : le Chlore et dérivés ; 6e volume : Produits nitrés et ammoniacaux ; 9e volume : l'Alcool ; 10e volume : les Vins ; Traitement de la vendange et Vinification ; Vinaigres. 4 vol. in-16 de 160 p. chacun, avec fig. Paris, Bernard et Cie. Chaque volume, 1f,50. (10746)

Picou (R.-V.). — Canalisations électriques. Lignes aériennes industrielles. In-16, 172 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie. 2f,50. (11349)

Pralon. — Sur les essais à la traction des cuivres et laitons, extrait d'un rapport présenté par M. le commandant *Pralon*. Avec 1 phototypie et 2 planches hors texte. In-8°, 55 p. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie (Extr. de la *Revue d'artillerie*). (11132)

Rodet (J.). — Distribution de l'énergie par courants polyphasés. In-8°, VIII-338 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. (11150)

Vigreux (C.) et E. Bardolle. — Le Gaz Riche ; Ses applications industrielles. In-16, 179 p. avec fig. Paris, Masson et Cie. (12121)

Villon (A.-M.) et P. Guichard. — Dictionnaire de chimie industrielle, contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers. T. II. Fascicule 18. In-4° à 2 col., 64 p. avec fig. Paris, Tignol. (10787)

—— T. II. Fascicule 19. In-4° à 2 col., 64 p. avec fig. Paris, Tignol. (14592)

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

Cumenge (E.) et F. Robellaz. — L'Or dans la nature (Minéralogie ; Géologie ; Étude des principaux gîtes aurifères ; Statistique). 1er fascicule. In-8°, 112-IV p. avec fig. et planches. Paris, Vicq-Dunod et Cie. (14359)

Biju-Duval. — Commission des substances explosives. Rapport sur les expériences de Blanzy du 7 août 1897 (Etude des conditions d'établissement des dynamitières souterraines). In-8°, 24 p. et planche. Paris, Ve Dunod (Extr. des *Annales des Mines*). (11668)

Bordeaux (A.). — Le Murchison Range et ses champs aurifères. In-8°, 16 p. et planche. Paris, Ve Ch. Dunod (Extr. du même recueil). (12860)

—— Les Mines de l'Afrique du Sud (Transvaal, Rhodésie, etc.). In-8°, VIII-212 p. Paris, Ve Ch. Dunod. (12861)

Humbert (G.). — Traité des chemins de fer d'intérêt local (Chemins de fer à voie étroite; Tramways; Chemins de fer à crémaillère et Funiculaires). Gr. in-8°, vii-494 p. avec fig. Paris, Baudry et Cie. (12003)

Lemoël (H.). — Les Mines d'or de la France. Petites études vulgarisatrices de ses richesses minières, agricoles et industrielles. Première étude : le Phosphate. Petit in-8°, 16 p. Paris, impr. Prissette. (11101)

Schiff (F.). — Les Mines d'or de la Nouvelle-Zélande. In-8°, 96 p. avec grav. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (14752)

7° *Construction. — Chemins de fer.*

Binet (A.). — Contribution à l'étude des murs de réservoir. Captation des fuites des enduits. In-8°, 15 p. avec fig. Paris, impr. Chaix. (14046)

Blondel (A.) et F. Paul-Dubois. — La Traction électrique sur voies ferrées (Voie ; Matériel roulant ; Traction). 2 vol. in-8° avec 1.014 figures. T. Ier, xxxviii-845 p. ; T. II, 867 p. Paris, Baudry et Cie. (10601)

Dariès (G.). — Calcul des conduites d'eau. In-16, 195 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils ; Masson et Cie. (10385)

Dumont (G.). — Automobiles sur rails. Paris. In-8°, 184 p. avec fig. 2f,50.

Flamache (A.), A. Huberti et A. Stevart. — Traité d'exploitation des chemins de fer. T. IV. Paris. In-8°. 40 fr.

Lerosey (J.). — Sur un nouveau mode de construction en béton armé des murs de réservoirs de grande capacité. In-8°, 43 p. avec fig. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie (Extr. de la *Revue du Génie militaire*). (12991)

Planat (P.). — Pratique de la mécanique appliquée à la résistance des matériaux. Nouvelle édition, considérablement augmentée. 3 vol. grand in-8°, avec fig. et tableaux. 1er volume (Principes et tableaux graphiques ; Poutres droites ; Colonnes et Piliers), iv-585 p. ; 2e volume (Fermes de charpentes en bois ; Fermes de charpentes en fer), 420 p. ; 3e volume (Murs et Soutènements ; Voûtes, Arcs-boutants et Contreforts ; Poutres droites en ciment armé), 523 p. Paris, Aulanier et Cie (11350)

Résal (J.). — Résistance des matériaux. In-8°, vii-521 p. avec fig. Paris, Baudry et Cie (Cours de l'École des ponts et chaussées). (9805)

Seyrig (T.). — Statique graphique des systèmes triangulés. I : Exposés théoriques. In-16, 188 p. avec planches. Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie. (13718)

—— —— II: Exemples d'applications. In-16, 148 p. avec planches. Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie. 2f,50. (13719)

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1896. Documents divers. Première partie : France (intérêt général). In-4°, vi-298 p. Paris, Impr. nationale. 5 fr. (Ministère des travaux publics). (10770)

—— Documents divers. Deuxième partie: France (intérêt local) ; Algérie et Tunisie. In-4°, vi-454 p. Paris, Impr. nationale. 5 fr. (Ministère des travaux publics). (12556)

8° *Législation. — Économie politique et sociale.*

Bardon (A.). — L'Exploitation du bassin houiller d'Alais sous l'ancien régime. In-8°, x-384 pages. Nîmes, impr. Chastanier. 7f,50. (12593)

Bellom (J.). — Les Grèves : leurs origines, leur caractère, leurs causes, leurs conséquences, leur remède. 3e édition. In-8°, 29 p. Paris, l'auteur, 36, rue de Varennes. (14039)

Cheysson (E.). — Les Accidents du travail. Observations présentées devant la Société d'économie sociale, les 14 février et 14 mars 1898. In-8°, 36 p. Paris, Guillaumin et Cie (Extr. de la *Réforme sociale*). (10851)

Cruchon (J.). — Étude sur la réglementation de la durée du travail industriel (thèse). In-8°, 180 p. Avranches, impr. Jeanne. (9620)

Drouineau (G.). — Nouvelle loi concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail, commentée article par article. In-8°, 121 p. Paris, Muzard et Ebin. 2f,50. (10104)

Féraud-Giraud (L.-J.-D.). — Régime légal des propriétés riveraines des chemins de fer. In-8°, vii-496 p. Paris, Marchal et Billard. (10142)

Gardissal (M.). — Loi du 9 avril 1898 sur les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. In-8°, 64 p. Paris, Rousseau. (13155)

Gély (J.). — Étude générale sur le risque professionnel dans les accidents du travail (thèse). In-8°, viii-134 p. Toulouse, Rivière. (9108)

Gomel (C.). — Les Grandes Compagnies de chemins de fer français en 1897. In-8°, 43 p. Paris, Guillaumin et Cie (Extr. de *l'Economiste français*). (11507)

Gonnard (R.). — L'Assurance sociale contre la vieillesse et l'invalidité en France (étude de législation industrielle). In-8°, 16 p. Paris, Fontemoing (Extr. de la *Revue générale du droit*). (11508)

Jouanny (G.). — Étude de la loi du 9 avril 1898 sur les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. In-8°, 14 p. Paris, A. Rousseau. (11090)

Lamy (L.). — Petit Manuel pratique des transports de marchandises par chemins de fer (petite vitesse). In-8°, 31 p. Paris, l'auteur, 8, rue Jacquemont. 0f,75. (14126)

Office du travail. Les Caisses patronales de retraites des établissements industriels. In-8°, vi-441 p. Paris, Impr. nationale (Ministère du commerce). (11575)

Paillart (C.). — Les Accidents du travail. Rapport présenté à la chambre de commerce de l'arrondissement d'Abbeville sur la loi votée par la Chambre et le Sénat et promulguée le 29 mars 1898. In-8°, 14 p. Abbeville, Paillart. (11116)

Schlemmer (G.) et H. Bonneau. — Recueil de documents relatifs à l'histoire parlementaire des chemins de fer français. Principaux discours aux Chambres ; Exposés des motifs des projets de lois ; Rapports, etc. In-8°, 689-iv p. Paris, Ve Dunod. (13715)

Thoulon (E.). — La Responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail (loi du 9 avril 1898) (thèse). In-8°, 182 p. Paris, A. Rousseau. (13499)

Ulrich (F.). — Les Chemins de fer d'État. Les Voies navigables d'État et la politique économique de l'Allemagne ; par *Franz Ulrich*, président de la direction des chemins de fer prussiens de Cassel. Traduit de l'allemand, avec une introduction, par *Henry Haguet*, ingénieur civil. In-8°, 62 p. Paris, bureaux du *Journal des transports*, 29, rue de Londres. (8752)

9° *Objets divers.*

Auscher (E.-S.). — L'Art de découvrir les sources et de les capter. Avec 79 fig. dessinées par l'auteur et intercalées dans le texte. In-16, 278 p. Paris, J.-B. Baillière et fils. (11192)

Barberot (E.). — Traité pratique de la législation du bâtiment et des usines, à l'usage des architectes, des ingénieurs, des entre-

preneurs, des conducteurs des ponts et chaussées, des agents voyers, des propriétaires et des locataires. In-8°, xxxviii-1343 p., avec 253 fig. Paris, Baudry et Cie. (8210)

Goulier (C.-M.) et C. Lallemand. — Études sur les méthodes et les instruments des nivellements de précision, par *C.-M. Goulier*, colonel du génie en retraite, membre de la commission du nivellement général de la France. Revues, annotées et accompagnées d'une Étude sur les variations de longueur des mires, d'après les expériences du colonel Goulier, par *Charles Lallemand*, ingénieur en chef des mines, directeur du service du nivellement général de la France. In-4°, xxxiv-252 p., avec fig., planches en coul. et portrait. Paris, Impr. nationale (Ministère des travaux publics). (10675)

Lefèvre (J.). — Dictionnaire de l'industrie (Matières premières; Machines et Appareils; Méthodes de fabrication; Procédés mécaniques; Opérations chimiques; Produits manufacturés). 1re et 2e séries. In-8° à 2 col., p. 1 à 80, avec fig. Paris, J.-B. Baillière et fils (Le Dictionnaire de l'industrie formera un volume de 900 à 950 pages. Il paraîtra en 22 livraisons de 32 à 48 pages, à 1 fr.) (8349)

Malo (L.). — L'Asphalte : son origine, sa préparation, ses applications. 3e édition, entièrement refondue et mise au courant des derniers perfectionnements de l'industrie de l'asphalte. In-16, ix-378 p. avec grav. et plan. Paris, Baudry et Cie. (8882)

Périsse (L.). — Automobiles sur routes. In-16, 208 p, avec grav. Paris, Gauthier-Villars et fils; Masson et Cie. (8690)

Répertoire bibliographique des principales revues françaises pour l'année 1897, rédigé par *D. Jordell*. Préface d'*H. Stein*. In-8° à 2 col., x-210 p. Paris, Per Lamm. (13212)

Ringelmann. — Rapport sur l'emploi de l'alcool dénaturé à la production de la puissance motrice. Gr. in-8°, 8 p. Paris, Impr. nationale (Extr. du *Bulletin du Ministère de l'agriculture*). (8967)

OUVRAGES ANGLAIS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

Briggs (W.) and Bryan (G.-H.). — Advanced Mechanics. Vol. 2, Statics. 2nd ed. In-8°, viii-288 p. (*Clive*). 4^f^,40.

Mc Aulay (A.). — Octonions. A Development of Clifford's Bi-quaternions. In-8°. Cambridge University Press. 13f,15.

O'Dea (J.-J.). — The New Explicit Algebra in Theory and Practice. In-8°. Longmans. Part 2. 5 fr. Les deux parties en un seul volume, 7f,50.

Pearson (K.) and Filon (L.-N.-G.). — Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. 4. On the Probable Errors of Frequency Constants, and on the Influence of Random Selection on Variation and Correlation (Extr. des *Philosophical Transactions*). In-8°. Dulau. 5 fr.

Smith (W.-B.). — Infinitesimal Analysis. In-8°. Macmillan. 17f,50.

Tait (P.-G.). — Scientific Papers. Vol. I. In-4°. Cambridge University Press. 31f,25.

Third (J.-A.). — Modern Geometry of the Point, Straight Line, and Circle : An Elementary Treatise. In-8°, 236 p. W. Blackwood. 3f,75.

2° *Physique et Chimie.*

Ames (J.-S.). — Theory of Physics. In-8°, Harper and Bros. 12f,50.

Ashworth (J.-R.). — Introductory Course of practical Magnetism and Electricity. Londres. In-8°, 96 p. 3f,75.

Attfield (J.). — Chemistry : General, Practical and Pharmaceutical, including the Chemistry of the British Pharmacopœia. A Manual on the Science of Chemistry, and its Applications in Medicine and Pharmacy. 17th ed. In-8°, 908 p. Gurney and Jackson. 18f,75.

Bailey (G.-H.). — Metals and their Compounds. Part. I. Edited by *William Briggs*. In-8°, IV-65 p. Clive. 1f,90.

Briggs (W.) and Stewart (R.-W.). — Chemical Analysis, Qualitative and Quantitative. Illustrated. In-8°, VIII-128 p. Clive. 4f,40.

Hudson (A.-A.) and Inmann (A.). — The Law of Light and Air. In-8°, F.-N. Wilson. 7f,50.

Hyndmann (H.-H.-F.). — Radiation : An Elementary Treatise on Electromagnetic Radiation and on Röntgen and Cathode Rays. With a Preface by Prof. *Silvanus-P. Thompson*. In-8°, 326 p. Swan Sonnenschein. 7f,50.

Mathews (J.-A.). — Review and Bibliography of the Metallic Carbides. In-8°, 32 p. W. Wesley. 2f,50.

Newth (G.-S.). — A Manual of Chemical Analysis, Qualitative and Quantitative. In-8°, 474 p. Longmans. 8f,15.

RIDEAL (S.). — Practical Organic Chemistry. The Detection and Properties of some of the more Important Organic Compounds. 2nd ed. In-8°, 182 p. H.-K. Lewis. 3f,15.

THOMSON (J.-J.). — The Discharge of Electricity through Gases. With Diagrams. In-8°, 214 p. Constable. 5f,65.

THORNTON (A.) and PEARSON (M.). — Notes on Volumetric Analysis. In-8°. Longmans. 2f,50.

THRESH (J.-C.). — A Simple Method of Water Analysis. Especially designed for the Use of Medical Officers of Health. 2nd ed., enlarged. In-8°, 56 p. Churchill. 3f,15.

TREADWELL (A. Junr.). — The Storage Battery : A Practical Treatise on the Construction, Theory and Use of Secondary Batteries. In-8°, 278 p. Whittaker. 9f,40.

TUTTON (A.-E.). — A Compensated Interference Dilatometre (Extr. des *Philosophical Transactions*). In-8°. Dulau. 3f,75.

VALENTIN (W.-G.). — A Course of Practical Chemistry ; or Qualitative Chemical Analysis. Edited and Revised by *W.-R. Hodgkinson*. 9th ed. In-8°, 416 p. Churchill. 11f,25.

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

COLE (G.-A.-J.). — Aids to Practical Geology. With numerous Illusts. 3rd ed., Revised and Enlarged. In-8°, 448 p. C. Griffin. 13f,15.

GADOW (H.). — A Classification of Vertebrata, Recent and Extinct. In-8°. Black. 4f,40.

GEIKIE (J.). — Earth Sculpture; or The Origin of Land-Forms. Illust. In-8°, XVI-320 p. J. Murray. 7f,50.

GREEN (A.-H.). — First Lessons in Modern Geology. Edited by *J.-F. Blake*. Illust. In-8°, VIII-212 p. Clarendon Press. 4f,40.

GWINNELL (W.-F.). — Geology in Systematic Notes and Tables. 3rd ed., Enlarged and partly Re-written. Illustrated by some 200 Engravings and 250 Lithographed Drawings. In-8°, 216 p. Simpkin. 6f,25.

HOLDEN (E.-S.). — A Catalogue of Earthquakes on the Pacific Coast, 1769-1897. 5 Plates and Engravings. In-8°, 253 p. Wesley. 4f,40.

MARR (J.-E.). — The Principles of Stratigraphical Geology. In-8°, 304 p. Cambridge University Press. 7f,50.

Memoirs of the Geological Survey. England and Wales. — The

Geology of the Country around Bournemouth. Explanation of Sheet 329. By *Clement Reid*. 0f,45.

—— The Geology of the Country around Eastbourne. Explanation of Sheet 334. By *Clement Reid*. 0f,65.

—— Supplement to the Geology of the Neighbourhoods of Flint, Mold and Ruthin. Explanation of Quarter Sheet 79 S. E. By *Aubrey Strahan*. 0f,25.

—— Summary of Progress of the Geological Survey of the United Kingdom for 1897. With an Introduction Regarding the History, Organisation and Work of the Survey. 1f,25.

Milne (J.). — Seismology. With 53 figures. In-8°, 336 p. Paul, Trubner and C°. 6f,25.

Watts (W.-W.). — Geology for Beginners. With 310 illusts. In-8°, 370 p. Macmillan. 3f,15.

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

Donkin (B.). — The Heat Efficiency of Steam Boilers : Land, Marine and Locomotive. With Tests and Experiments on Different Types, Heating Value of Fuels, Analyses of Gases, Evaporation and Suggestions for Testing Boilers. With numerous Tables, Plates and Illustrations in the Text. In-4°, 328 p. C. Griffin. 31f,25.

Fidler (T.-C.). — Calculations in Hydraulic Engineering. Part I, Fluid Pressure. In-8°. Longmans. 8f,15.

Routh (E.-J.). — A Treatise on Dynamics of a Particle. With Numerous Examples. In-8°, 430 p. Cambridge University Press. 17f,50.

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

Bekker (B.-W.). — The Metallurgy of Gold on the Rand: A Practical Treatise on the Metallurgical Processes in Use in the Transvaal. In-8°. Low. 6f,25.

Beringer (C. and J.-J.). — A Text-Book of Assaying : For the Use of those Connected with Mines. Revised by *J.-J. Beringer*. With numerous Diagrams and Tables. 5th ed., Revised. In-8°, 426 p. C. Griffin. 13f,15.

Brown (W.-L.). — Manual of Assaying Gold, Silver, Copper, Tin and Lead Ores. Revised, Corrected and considerably Enlar-

ged and with Chapters on the Assaying of Fuels, Iron and Zinc Ores, etc., by *A.-B. Griffiths*. In-12, 368 p. Heinmann. 9f,40.

BUTTERFIELD (W.-J.). — The Chemistry of Gas Manufacture: A Practical Handbook on the Production, Purification and Testing of Illuminating Gas, and the Assay of the Bye-products of Gas Manufacture. For the Use of Students, Chemists and Gas Engineers. 2nd ed., Revised, with a new Chapter on Acetylene, and numerous Illustrations. In-8°, 464 p. C. Griffin. 13f,15.

EISSLER (M.). — The Cyanide Process for the Extraction of Gold and its Practical Application on the Witwatersrand Goldfields and elsewhere. 2nd ed., Enlarged. In-8°, 158 p. Crosby Lockvood and Son. 9f,40.

GIBBS (W.-E.). — Lighting by Acetylene: Generators, Burners and Electric Furnaces. In-8°, 146 p. Crosby Lockwood and Son. 9f,40.

HOUSTON (E.-J.) and KENNELLY (A.-E.). — Electricity Made Easy. In-8°. Swan Sonnenschein. 7f,50.

—— —— Recent Types of Dynamo-Electric Machinery. In-8°. Swan Sonnenschein. 30 fr.

LODGE (O.-J.). — Signalling across Space without Wires. Being a Description of the Work of Hertz and his Successors. New and enlarged ed. Second Issue. In-8°, 74 p. Electrician C°. 3f,15.

MAYCOCK (W.-P.). — Electric Lighting and Power Distribution: An Elementary Manual of Electrical Engineering. 4th ed., in 2 vols. Vol. I. 231 Illusts., Index and Ruled Pages for Notes. In-8°, 454 p. Whittaker. 7f,50.

MUNRO (J.) and JAMIESON (A.). — A Pocket-Book of Electrical Rules and Tables for the Use of Electricians and Engineers. 13th ed., revised and enlarged. In-18, 760 p. C. Griffin. 10f,65.

ROSE (T.-K.). — The Mettallurgy of Gold: Being One of a Series of Treatises on Metallurgy. Written by Associates of the Royal School of Mines. Edited by Professor *W.-C. Roberts-Austen*. With numerous Illusts. 3rd ed., Revised and Enlarged. In-8°, 546 p. C. Griffin. 26f,25.

Small Accumulators: How Made and Used. An Elementary Handbook for the Use of Amateurs and Students. Edited by *P. Marshall*. Fully Illust. In-8°, 62 p. Dawbarn and Ward. 0f,65.

THOMPSON (G.-F.). — Acetylene Gas: Its Nature, Properties and Uses; also Calcium Carbide, its Composition, Properties and Method of Manufacture. In-8°. Spon. 4f,40.

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

Handbooks for Mining Students and Colliery Managers (specially prepared). Part. 9, Miscellaneous Mechanics ; Miscellaneous Engineering. In-8°, 52 p. Wigan, « Science and Art of Mining » Office. 1f,25.

Home Office. Mines. Year 1897. List of Mides in the United Kingdom of Great Britain and Ireland and the Isle of Man. Prepared by Her Majesty's Inspectors of Mines by Direction of the Secretary of State for the Home Department. 3f,75.

—— —— List of the Plans of Abandoned Mines Deposited in the Home Office under the Coal and Metalliferous Mines Regulation Acts, including Plans Transferred from the Late Mining Record Office. Corrected to the 31st December, 1897. 1 fr.

—— Quarries. Year 1897. List of Quarries (under the Quarries Act) in the United Kingdom of Great Britain and Ireland, and the Isle of Man. Prepared by Her Majesty's Inspectors of Mines by Direction of the Secretary of State for the Home Department. 4f,50.

PAMELY (C.). — The Colliery Manager's Handbook. A Comprehensive Treatise on Laying-out and Working of Collieries. Designed as a Book of Reference for Colliery Managers and for the Use of Coal-mining Students. Containing over 700 plans, Diagrams and other Illustrations. 4th ed., Revised and Enlarged. In-8°, 964 p. Crosby Lockwood and Son. 31f,25.

Parliamentary. — Mines. General Report and Statistics for 1897. Part 3, Output. Maps. 2f,15.

—— Mines. Report and Statistics for 1897. Part 2. General Report on Labour. 1f,15.

—— Mines. Snaefell Lead Mines, Accident, Underground Fire, May, 1897. Reports, Diagrams. 1f,05.

Review of Mineral Production in India, 1897. 1f,25.

SCHMEISSER (K.) and VOGELSANG (K.). — The Goldfields of Australia. With separate Portfolio of Maps, Plans and Illusts. In-8°, 274 p. Macmillan. 37f,50.

TRUSCOTT (S.-J.). — The Witwatersrand Goldfieds, Banket and Mining Practice. In-8°, 520 p. Macmillan. 37f,50.

7° *Construction. — Chemins de fer.*

Adams (H.). — Strains in Ironwork. A Course of Eight Elementary Lectures Delivered before the Society of Engineers in their Hall, Session 1882-83. 3rd ed. In-8°, 77 p. and Diagrams. Spon. 6f,25.

Campin (F.). — Iron and Steel Bridges and Viaducts. A Practical Treatise upon their Construction, for the use of Engineers, Draughtsmen, and Students. With numerous Illustrations. In-8°, vi-280 p. Crosby Lockwood and Son. 4f,40.

Croker (E.-J.-O'B.). — Retrospective Lessons on Railway Strikes: United Kingdom. In-8°, 212 p. Simpkin. 5f,15.

Parliamentary. — India Railways. Administration Report for 1897-98, 4 fr.

—— Railway Accidents. Returns for Jan.-March, 1898. Plans. 2f,65.

—— —— Returns and Inspectors' Reports, Jan. to June, 1898. 0f,95.

—— Railways, Continuous Brakes. Returns for July-Dec., 1897. 1f,50.

—— Railways. Returns for 1897, Traffic, Capital, etc. 1f,25.

Pigg (J.). — Railway Block Signalling: The Principles of Train Signalling and Apparatus for Ensuring Safety. Illust. In-8°, 387 p. Biggs. 9f,40.

Tayler (A.-J.-W.) — Aerial or Wire-Rope Tramways: Their Construction and Management. With Illusts. In-8°, 224 p. Crosby Lockwood and Son. 9f,40.

Tramway Traction. Report on some Forms of Mechanical Tramway Traction that have been Tried and more or less successfully Worked in various Towns and Cities in England, on the Continent, and in America. By *J. Allen Baker*. Photographs. No. 396. 1f,25.

8° *Législation. — Économie politique et sociale.*

Home Office Form, No. 2, Coal Mines. Abstract of the Coal Mines Regulation Acts, 1887 to 1896. 0f,35.

Mac Pherson (W.-D.) and Clerk (J.-M.). — Law of Mines in Canada. Londres. In-8°. 125 fr.

9° *Objets divers.*

Lineham (W.-J.) — A Text-Book of Mechanical Engineering. Part I, Workshop Practice; Part 2, Theory and Examples. 3rd ed., Revised and Enlarged. In-8°, 970 p. Chapman and Hall. 13f,15.
Lockert (L.). — Petroleum Motor-Cars. Illust. In-8°, 234 p. Low. 4f,40.
Yates (J.). — Present Day Engineering on the Rand. With Appendix by *Herman Jennings*. In-4°. Whittaker. 26f,25.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

Bulletin of the United States Geological Survey. — No. 88, The Cretaceous Foraminifera of New Jersey, by *R. Mather Bagg.* — No. 89, Some Lava Flows of the Western Slope of the Sierra Nevada, California, by *F. Leslie Ransome.* — No. 149, Bibliography and Index of North American Geology, Paleontology, Petrology and Mineralogy for the Year 1896, by *F. Boughton Weeks*. In-8°. Washington, Government Printing Office.
Gray (A.). — A Treatise on Magnetism and Electricity. Vol. I. New-York. In-8°, xvi-479 p. 28f,15.
Lummer (O.) and Pringsheim (E.). — A Determination of the Ratio (k) of the Specific Heats at Constant Pressures and at Constant Volume for Air, Oxygen, Carbon-dioxide, and Hydrogen. I Plate (Extr. des *Smithonian Contributions*). In-4°, 29 p. W. Wesley. 3f,15.
Merrill (G.-P.). — Notes on the Geology and Natural History of the Peninsular of Lower California. 10 Plates. In-8°, 24 p. U. S. Nat. Museum. 2f,50.
Walcott (C.-D.). — Fossil Medusæ (*Monographs of the United States Geological Survey*, Vol. 30). Illust. In-fol., viii-201 p. Washington, Government Printing Office.
Woodward (A.-S.). — Outlines of Vertebrate Palæontology. New-York. In-8°, 24-470 p. 21f,60.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

Bachmann (P.). — Zahlentheorie. Versuch einer Gesammtdarstellung dieser Wissenschaft in ihren Haupttheilen. III. Theil. Lehre von der Kreistheilung. — IV. Thl. A. u. d. T. : Die Arithmetik der quadratischen Formen. I. Abth. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, xii-300 p. av. 1 pl. — xvi-668 p. 31f,25. (2439)

Breuer (A.). — Elementar entwickelte Theorie und Praxis der Functionen einer complexen Variabelen in organischer Verbindung mit der Geometrie. Vienne, C. Daberkow. In-8°, viii-205 p. av. 84 fig. 6f,25. (3158)

v. Budisavljevic (E.) und A. Mikuta. — Leitfaden für den Unterricht in der höheren Mathematik. I. Bd. Grundzüge der Determinanten-Theorie und der projectiven Geometrie. Analytische Geometrie von *E. v. B.* Vienne, W. Braumüller. In-8°, x-492 p. av. 108 fig. dans le texte. 10 fr. (3160)

Czuber (E.). — Vorlesungen über Differential- und Integral-Rechnung. II. Bd. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, ix-428 p. av. 70 fig. (Fin). 12f,50. (3555)

Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen. Herausgegeben von *H. Burkhardt* und *W.-Fr. Meyer*. I. Tl. : Reine Mathematik. I. Bd. : Arithmetik und Algebra. Redigirt von *W.-Fr. Meyer*. I. Heft. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, 112 p. (Paraîtra en 6 volumes à 4-5 fascicules). 4f,25. (4333)

Fuchs (L.). — Zur Theorie der Abel'schen Functionen. I. u. II. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. preuss. Akad. der Wissenschaften*). Berlin, G. Reimer. In-8°, 10 p. 0f,65 chaque partie. (2812)

Klein (F.) und A. Sommerfeld. — Uber die Theorie des Kreisels. 2. Heft. Durchführung der Theorie im Falle des schweren symmetrischen Kreisels. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, iv p. et p. 197-512, av. fig. 12f,50. (3571)

Kober (G.). — Die Grundgebilde der neueren Geometrie. Eine geordnete Zusammenstellung ihrer Um- und Abbildungen. I. u. II. Ordnung. I. Tl. : Die Grundgebilde der Ebene. Hanovre, Hahn. In-8°, viii-95 p. 3f,75. (2821)

Schlesinger (L.). — Handbuch der Theorie der linearen Differentialgleichungen. II. Bd. 2 Thl. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, xiii-446 p. av. fig. 20 fr. (3586)

2° *Physique et Chimie.*

Dulk (L.). — Atomgewicht oder Atomgravitation? Eine Studie über die chemischen Elemente. Breslau, E. Trewendt. In-8°, 84 p. av. 45 fig. et 2 pl. 3f,75. (3166)

Erdmann (H.). — Lehrbuch der anorganischen Chemie. Brunswick, F. Vieweg und Sohn. In-8°, xxvi-756 p. av. 276 fig. et 4 pl. en coul. 22f,50. (2810)

Exner (F.) und E. Haschek. — Über die ultravioletten Funkenspectra der Elemente. XI. Mitteilg. (enth. die Spectra von Rb, Cs, Va). (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften*). Vienne, C. Gerold's Sohn. In-8°, 25 p. av. 2 pl. 1f,40. (2450)

Gross (G.). — Die mechanische Wärmetheorie (Thermodynamik) unter besonderer Berücksichtigung der Molekulartheorie und der sich daraus ergebenden Erweiterung des Anwendungsgebietes der Thermodynamik. I. Bd. Iéna, H. Costenoble. In-8°, xiii-254 p. av. 47 fig. 10 fr. (2454)

Klinckert (W.). — Das Licht, sein Ursprung und seine Funktion als Wärme, Elektrizität, Magnetismus, Schwere und Gravitation. Leipzig, W. Friedrich. In-8°, 104 p. 2f,50. (3939)

Lehmann (F.). — Compendium der anorganischen und organischen Chemie. I. Tl. Anorganische Chemie. Berlin, S. Karger. In-8°, viii-162 p. av. 5 pl. (Paraîtra en 2 parties). 5 fr. (3940)

Rosenberger (F.). — Die moderne Entwicklung der elektrischen Principien. Leipzig, J. A. Barth. In-8°, v-170 p. 3f,75. (3945)

Sammlung chemischer und chemisch-techmischer Vorträge. Herausgegeben von *F.-B. Ahrens*. III. Bd. Hefte7-10. Stuttgart, F. Enke. In-8°, p. 233-384. Chaque fascicule 1f,25. (3584-4353)

Teichmüller (J.). — Die elektrischen Leitungen. I. Tl. Wirkungsweise und Berechnung der elektrischen Gleichstromleitungen. Stuttgart, F. Enke. In-8°, xii-314 p. av. 138 fig. (Paraîtra en 2 parties). 12f,50. (4575)

Walter (A.). — Theorie der atmosphärischen Strahlenberechnung. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, vii-74 p. av. 4 fig. 3f,50. (3592)

Weiler (W.). — Wörterbuch der Elektricität und des Magnetismus. Leipzig, M. Schäfer. In-8°, iv-632 p. av. 816 fig. 15 fr. (3954)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Abhandlungen, paläontologische, herausgegeben von *W. Dames* und *E. Kohen*. Neue Folge. IV. Bd. 2. Heft. Der Dogger am Espinazito-Pass. Von *A. Tornquist*. Iéna, G. Fischer. In-4°, 72 p. av. 10 pl. et une coupe. 27f,50. (2798)

Bauer (F.). — Die Ichthyosaurier des oberen weissen Jura (Extr. des *Palæontographica*). Stuttgart, E. Schweizerbart. In-4°, 48 p., av. 3 pl. 12f,50. (2804)

Belar (A.). — Ueber Erdbebenbeobachtung in alter und gegenwärtiger Zeit und die Erdbebenwarte in Laibach. Laibach, O. Fischer. In-8°, 43 p. av. 5 fig. dans le texte et 1 pl. 1f,90. (3155)

Berwerth (F.). — Mikroskopische Structurbilder der Massengesteine in farbigen Lithographien. Nach der Natur lithographirt von *A. Berger* und *L. Steiner*. 32 lithographirte Tafeln. 3. Lfg. Stuttgart, E. Schweizerbart. In-4°, 8 pl., av. texte. 25 fr. (3549)

Gottsche (C.). — Die Endomoränen und das marine Diluvium Schleswig-Holstein's, im Auftrage der geographischen Gesellschaft in Hamburg untersucht. II. Thl. Das marine Diluvium (Extr. des *Mittheil. d. geograph. Gesellsch. in Hamburg*). Hamburg, L. Friederichsen. In-8°, 74 p. 3f,75. (2452)

Langsdorff (W.). — Beiträge zur Kenntniss der Schichtenfolge und Tektonik im nordwestlichen Oberharz. Clausthal, H. Uppenborn. In-8°, III-29 p. av. 8 pl. de coupes et une carte d'ensemble. 8f,75. (3172)

Martini und Chemnitz. — Systematisches Conchilien-Cabinet. 436. u. 437. Lfg. Nuremberg, Bauer und Raspe. In-4°. Chaque livraison 11f,25. (3574)

Nessig (W.-R.). — Geologische Exkursionen in der Umgegend von Dresden. Dresde, C. Heinrich. In-8°, VIII-169 p. av. 2 pl. lith. 3f,75. (3180)

Potonié (H.). — Lehrbuch der Pflanzenpalaeontologie mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse des Geologen. 3. Lfg. Berlin, F. Dümmler. In-8° av. fig. 2f,50. (2464)

Rosenbusch (H.). — Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart, E. Schweizerbart. In-8°, VI-546 p. av. 96 fig. et 2 pl. 25 fr. (2465)

Rüst. — Neue Beiträge zur Kenntniss der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura und der Kreide (Extr. des *Palæontographica*). Stuttgart, E. Schweizerbart. In-4°, 67 p. av. 29 pl. 30 fr. (3946)

SCHELLWIEN (E.). — Die Fauna des karnischen Fusulinenkalks. II. Thl. (Extr. des *Palæontographica*). Stuttgart, E. Schweizerbart. In-4°, 46 p. av. 7 fig. et 8 pl. 22f,50. (2467)

WOLDRICH (J.-N.). — Geologicke studiez jiznich Cech. (Études géologiques sur la Bohême méridionale). I. Prague. In-4°, 57 p. 6f,25. (4364)

4° Mécanique appliquée et Machines.

BERGNER (A.). — Die von dem menschlichen Körper ausströmende Kraft. Wismar, Hinstorff. In-8°, 31 p. 1f,25. (2806)

FÖPPL (A.). — Vorlesungen über technische Mechanik. I. Bd. Einführung in die Mechanik. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, xv-412 p. av. 78 fig. 12f,50. (3784)

MARTENS (A.). — Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau. I. Thl. Materialprüfungswesen, Probiermaschinen und Messinstrumente. Berlin, J. Springer. In-8°, xxxiv-515 p. av. 514 fig. dans le texte et 20 pl. 50 fr. (3041)

WEITZEL (K.-G.). — Die Schule des Maschinentechnikers. Lehrhefte für den Maschinenbau und die nötigen Hilfswissenschaften. 90 Hefte. Leipzig, M. Schäfer. In-8° av. fig. 56f,25. (3417)

5° Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.

BERMBACH (W.). — Elektricitätswerke, elektrische Kraftübertragung und elektrische Beleuchtung. Wiesbaden, Lützenkirchen und Bröcking. In-8°, vi-90 p. av. 64 fig. 2f,50. (3395)

Handbuch der chemischen Technologie. Herausgegeben von *O. Dammer*. V. Bd. Stuttgart, F. Enke. In-8°, x-690 p. av. 213 fig. 22f,50. (4192)

HEYNE (P.). — Praktisches Wörterbuch der Elektrotechnik und Chemie in deutscher, englischer und spanischer Sprache. Mit besonderer Berücksichtigung der modernen Maschinentechnik, Giesserei und Metallurgie. I. Bd. Deutsch Englisch-Spanisch. Dresde, G. Kühlmann. In-8°, viii-196 p. (Paraîtra en 3 volumes). 6 fr. (2668)

HOLZT (A.). — Die Schule des Elektrotechnikers. Lehrhefte für die angewandte Elektricitätslehre. Herausgegeben im Verein mit *H. Vieweger* und *H. Stapelfeldt*. 28. u. 29. Heft Leipzig, M. Schäfer. In-8°. Chaque fascicule 0f,95. (2670-3787)

Koepper (G.). — Das Gussstahlwerk F. Krupp und seine Entstehung. Essen, Günther und Schwan. In-8°, v-139 p. av. 41 fig. 6f,25. 3035

Schmidt (K.-E.-F.). — Experimental-Vorlesungen über Elektrotechnik für Mitglieder der Eisenbahn- und Post-Verwaltung, Berg- und Hüttenbeamte, Angehörige des Baufaches u. s. w. 2.-9. Lfg. Halle, W. Knapp. In-8°, p. 49-430, av. fig. et pl. Chaque livraison 1f,25. 3413

Schoop (P.). — Handbuch der elektrischen Accumulatoren. Auf Grundlage der Erfahrung und mit besonderer Berücksichtigung der technischen Herstellung. Stuttgart, F. Enke. In-8°, x-514 p. av. 193 fig. 15 fr. 3046

Toldt (F.). — Regenerativ-Gasöfen. Leipzig, A. Felix. In-8°, viii-440 p. 22f,50.

Walter (F.). — Ausgewählte Capitel aus dem Gebiete der chemischen Technologie, nebst einem Abrisse aus der Eisen- und Metallhüttenkunde. Vienne. In-8°, xv-514 p. av. 390 fig. 11f,25. (3048)

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

Jicinsky (W.). — Bergmännische Notizen aus dem Ostrau-Karwiner Steinkohlenrevier, gesammelt vom Jahre 1856-98. Mährisch-Ostrau, J. Kittl. In-8°, 253 p. av. fig. 9f,50. 3034

7° *Constructions. — Chemins de fer.*

Eisenbahn-Technik, die, der Gegenwart. Unter Mitwirkung von Bathmann, Berndt, v. Beyer, etc. herausgegeben von *Blum*, v. *Borries*, *Barkhausen*. II. Bd. Der Eisenbahn-Bau. 3. Abschn. Wiesbaden, C. W. Kreidel. In-8°. xiv p. et p. 309-888, av. 616 fig. dans le texte et 7 pl. lith.. 30 fr. (4562)

8° *Législation. — Économie politique et sociale.*

Grosmann (L.). — Die Mathematik im Dienste der Nationalökonomie unter Rücksichtnahme auf die pratische Handhabung der Disciplinen der Finanzwissenschaft und Versicherungstechnik mit einigen, durch selbständige wissenschaftliche Errungenschaften auf dem Gebiete der reinen Mathematik begründeten, neuen Fundamenten der politischen Arithmetik. 10. Lfg. Vienne, Selbstverlag. In-8°. Suppl.-Bd. iv-80 p. 6f,25. (3935)

9° *Objets divers.*

Beck (L.). — Die Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung. IV. Abtlg. Das 19. Jahrhundert. 3. u. 4. Lfg. Brunswick, F. Vieweg und Sohn. In-8°, p. 353-704, av. fig. Chaque livraison 6f,25. (2654-3779)

Holzmüller (G.). — Die Ingenieur-Mathematik in elementarer Behandlung. II. Tl. A. u. d. T. : Das Potential und seine Anwendung auf die Theorien der Gravitation des Magnetismus, der Elektrizität, der Wärme und der Hydrodynamik, in elementarer Behandlung dargestellt. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, xvii-440 p. av. 237 fig. 7f,50. (2669)

Manfai (E.). — Die Flugmaschine des dynamischen Fingprincipes in ihrer Ausführung und Verwindung. Vienne, W. Braumüller. In-8°, vii-151 p. av. 10 pl. 4f,50. (4569)

OUVRAGES SUISSES.

Graf (J.-H.) und E. Gubler. — Einleitung in die Theorie der Besselschen Funktionen. I. Heft : Die Bessel'sche Funktion 1. Art. Berne, K.-J. Wyss. In-8°, vi-142 p. av. fig. (Paraîtra en 2 fascicules). 4 fr.

Schneider (M.). — Leitfaden der organischen Chemie, für Hochschüler und den Selbstunterricht bearbeitet. I. Tl. Das Methan und seine Derivate. Zürich, F. Schulthess. In-8°, vii-126 p. (Paraîtra en 2 parties). 3f,50.

OUVRAGES HOLLANDAIS.

Holleman (A.-F.). — Leerboek der anorganische chemie. Groningen. In-8°. 25 fr.

Holleman (A.-F.). — Practisch chemische oefeningen. Groningen, In-8°. 5f,90.

Steen (G.-J.-A). — Gas-, petroleum- en benzinemotoren. Leyde. In-8°, 20-296 p. av. 150 fig. 12f,20.

OUVRAGES DANOIS.

Ostenfeld (A.). — Teknisk Elasticitetslaere. Grundlag for Forlaesninger. Copenhague. In-8°, 460 p. av. 21 pl. 16f,90.

Petersen (J.). — Vorlesungen über Funktionstheorie. Copenhague. In-8°, 336 p. 16f,90.

OUVRAGES SUÉDOIS ET NORVÉGIENS.

Bäcklund (A.-V.). — Inledning till theorien för de elektriska strömmarne. Lund. In-8°, 112 p. 5f,65.

Davidsen (N.). — Udsigt over krystalsystemerne med kort beskrivelse af de vigtigste mineraler og bergarter. Christiania. In-8°, 52 p. 3f,15.

Strindberg (A.). — Typer och prototyper inom mineralkemien. Stockholm. In-8°, 67 p. 3f,50.

OUVRAGES RUSSES.

Fedoroff (E.-S.). — Explorations géologiques dans le nord de l'Oural : 1887-89 (en russe). Saint-Pétersbourg. In-8°, 216 p. av. une carte. 7f,50.

Loewinson-Lessing (F.). — Petrographisches Lexikon. Suppl.

Dorpat, Jurjew. Berlin, R. Friedländer und Sohn. In-8°, IV-96 p. 3f,75.

SAWIN (S.). — Sur les locomotives compound, leur construction et leurs principaux détails (en russe). Pensa. In-8°, 80 p. av. 1 pl. 5 fr.

TSCHERERPANOFF (S.). — Abrégé de mathématiques (en russe). Saint-Pétersbourg. In-8°, 179 p. av. 10 pl. 10 fr.

OUVRAGES ITALIENS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

ALASIA (A.). — Sulle involuzioni di ordini superiori. Civitanova Marche, Natalucci. In-8°, 38 p. 1f,50. (8304)

ALASIA (C.). — Su di alcune proprietà delle linee geodetiche. Sassari, tip. Chiarella. In-8°, 63 p. (9128)

CIAMBERLINI (C.). — Il nuovo indirizzo della geometria razionale elementare. Florence, tip. Niccolai. In-8°, 25 p. (Extr. de la *Rivista scientifica*). (5753)

CORDONE (G.). — Un piccolo contributo alla teoria delle equazioni risolubili algebricamente. Gênes, tip. P. Martini. In-8°, 11 p. (Extr. de *l'Annuario* 1897-98 *della r. scuola navale superiore*). (6237)

FATTOR (L.). — Di una costruzione delle coniche per punti e per tangenti. Cividale, tip. Fulvio. In-8°, 7 p. (7142)

FINI (N.). — L'angolo diviso in tre parti eguali : nuova costruzione geometrica. Bari, tip. Palasciano. In-8°, 6 p. av. fig. (8307)

GIUDICE (F.). — Nozioni sulle trasformazioni puntuali e sui gruppi continui. Brescia, tip. F. Appolonio. In-8°, x-144 p. (6674)

MANZARI (A.). — Il termine forza in rapporto all'energia ginetica ed alla statica. Naples, L. Pierro. In-16, 31 p. av. fig. 1 fr. (10125)

MARTINI ZUCCAGNI (A.). — Sull' equivalenza dei sistemi di equazioni algebriche. Livourne, tip. S. Belforte e C. In-8°, 8 p. (8309)

MORTARA (E.). — Le partizioni d'un numero in tre parti differenti, con applicazioni. Parme, tip. R. Pellegrini. In-8°, 9 p. (7544)

ORTU CARBONI (S.). — Sfogliando la storia delle matematiche : divagazioni a conclusione. Plaisance, tip. Marchesotti e Porta. In-16, 25 p. (7545)

Palatini (F.). — Osservazioni sulle corrispondenze univoche fra i gruppi di *h* punti del piano ed i punti dello spazio lineare di 2 *h* dimensioni. Avellino, tip. E. Pergola. In-8°, 13 p. (5240)

Pavarino (G.-L.). — Appunti critici sulla teoria delle associazioni poligeniche. Mondovi, tip. Issoglio. In-8°, 35 p. (8719)

Puglisi (M.). — Sulla riduzione di un problema di dinamica ad integrali ellittici. Messine, tip. Crupi. In-8°, 16 p. (7546)

Repetto (G.). — Sulle geodetiche del toro : moto di un punto non soggetto a forze. Sassari, tip. Dessi. In-8°, 74 p. (7547)

Rovida (A.). — Appunti critici sulla meccanica dei sistemi di forma invariabile nelle trattazioni di L. Poinsot e di H.-R. Hertz. Florence, tip. Niccolai. In-8°, 17 p. (Extr. de la *Rivista scientifica*). (9641)

—— Nuovo schizzo della meccanica dei sistemi di forma invariabile. Florenze, tip. Niccolai. In-8°, 15 p. av. planche (Extr. du même recueil). (9642)

Severini (C.). — Sulla rappresentazione analitica delle funzioni reali discontinue di variabile reale : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 14 p. (6249)

Saporetti (A.). — Analisi dei casi singolari geometrici paragonati con le relative algebriche forme : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 11 p. av. fig. (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna*). (5762)

Sepelta (C.). — Riduzione di due equazioni differenziali simultanee a due fra loco independenti. Gênes, tip. P. Martini. In-8°, 17 p. (Extr. de l'*Annuario* 1897-98 *d. r. scuola navale superiore*). (6250)

Zamblera (E.). — Conseguenze immediate del postulato : la retta ed il piano sono enti geometrici illimitati. Bergame, tip. R. Gatti. In-8°, 12 p. av. fig. (6693)

2° *Physique et Chimie.*

Alessandri (G.-G.). — Sulla separazione e valutazione del cloro, bromo e iodio in un' acqua salsobromoiodica di Meldola : relazione analitica. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 6 p. (Extr. du journal *Il Selmi*). (5233)

Amaduzzi (L.). — Sulla produzione di una corrente ellettrica in un filo disposto lungo l'asse di una elica di ferro dolce quando in questa si produca o si interrompa un flusso magnetico : nota. Bologne, N. Zanichelli. In-8°, 23 p. (9631)

Bajo (A.). — Del potenziale elettrico. Naples, tip. Trani. In-16°, 38 p. 2f,50. (8306)

Bartolotti (P.). — Trattato elementare di analisi chimica qualitativa dei corpi inorganici, con una introduzione sulle operazioni e sulle preparazioni chimiche più comuni, colla preparazione dei reattivi. Pise, E. Spoerri. In-8°, 147 p. av. fig. 2f,50. (7537)

Bonelli (L.-G.). — Della pirocatechina e di alcuni suoi derivati, guaiacolo e vaniglina, con note su diversi profumi nuovi. Turin, G.-B. Paravia e C. In-8°, 34 p. (4789)

Borghini (N.). — Il fulmine: modificazioni scientifico-pratiche sulla costruzione dei parafulmini. Seconda edizione. Arezzo, tip. E. Sinatti. In-16°, 36 p. av. fig. (5752)

Ciamician (G.) e Silber (P.). — Studî sui principî aromatici dell'essenza di sedano: memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 39 p. (Extr. des *Memorie d. r accad. d. scienze dell'istit. di Bologna*). (6236)

Corio (F.). — Contribuzione allo studio delle proprietà ottico-cristallografiche di alcuni sali isomorfi di potassio. Modène, tip. G.-T. Vincenzi e nipoti. In-8°, 44 p. (Extr. des *Atti d. soc. dei naturalisti di Modena*). (5754)

Galilei Galileo. — Le opere. Edizione nazionale sotto gli auspicî di Sua Maestà il Re d'Italia. Vol. VIII. Florence, tip. G. Barbèra. In-4°, 644 p. av. fig. (7143)

Griggi (G.). — Sulla contemporanea rapida ricerca dei solfati di zinco e sodio nel solfato di rame del commercio: nota. Milan, tip. del Riformatorio patronato. In-8°, 4 p. (Extr. du *Bollett. chimico-farmaceutico*). (9635)

Keller (F.). — Ulteriori ricerche sulla intensità orizzontale del magnetismo terrestre nei pressi di Roma, con note che riguardano le condizioni geofisiche delle località esplorate; nota. Rome, tip. Adelaide ved. Pateras. In-8°, 19 p. (5756)

Lussana (S.). — A proposito di un metodo sensibile e comodo per la misura delle quantità di calore. Florence, tip. L. Niccolai. In-8°, 8 p. av. planche (Extr. de la *Rivista scientifica*). (9638)

Maccioni (A.). — Parafulmini e grandine : dissertazione fisico-scientifica. Pistoia, tip. Niccolai. In-16, 31 p. 0f,30. (7930)

Martini (T.). — Intorno al calore che si sviluppa nel bagnare le polveri : nuove ricerche termometriche e calorimetriche. Venise, tip. Ferrari. In-8°, 40 p. (Extr. des *Atti d. r. istit. veneto di scienze, lettere ed arti*). (4793)

Mele (B.). — Contributo allo studio delle analisi chimiche delle acque potabili. Naples, tip. Pagnotta. In-8°, 52 p. (5759)

Pellini (G.). — Prodotti di condensazione della diresorcina colle aldeidi nitrobenzoiche: nota. Livourne, tip. A. Debatte. In-8°, 11 p. (Extr. de l'*Annuario del laboratorio di chimica generale e tecnologica d. r. accad. navale*). (7152)

Pizzarello (A.). — Principali usi dell'apparato universale per la fisica e la chimica dei corpi allo stato fluido. Macerata, tip. Mancini. In-8°, 8 p. (5241)

Ricci (E.). — Introduzione allo studio dei silicati. Milan, U. Hoepli. In-8°, 106 p. (5243)

Righi (A.). — Di una nuova forma data all'esperienza di Lecher: nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 5 p. (Extr. du *Rendiconto delle sess. d. r. accad. d. scienze dell'istit. di Bologna*). (6246)

—— Sulla sensibilità delle onde elettriche di certi tubi da scariche : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 8 p. av. fig. et 1 pl. (Extr. du même recueil). (6247)

Scavia (M.). — La costituzione molecolare della cinconina e chinina. Turin, Unione tipografico-editrice. In-8°, 47 p. av. fig. (8311)

Spica (P.). — Tavole di chimica analitica qualitativa. Terza edizione accresciuta, riveduta, corretta. Feltre, tip. P. Castaldi. In-8°, 152 p. av. fig. 3 fr. (9136)

Teoria (La) della grandine e il canoneggiamento dei temporali secondo il prof. Luigi Bombicci. Casale, tip. C. Cassone. In-8°, 14 p. (8313)

Teyxeira (G.). — Trattato di analisi chimica e quantitativa inorganica ed organica, con un prontuario per riconoscere i principali composti del carbonio. Seconda edizione riveduta ed ampliata. Pérouse, Unione tipografica cooperativa. In-8°, 184 p. 2 fr. (9643)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Achiardi (G. d'). — Note di mineralogia italiana. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, 16 p. (4785)

Artini (E.) e Melzi (G.). — Intorno ad un meteorite caduto ad Argheo presso Brava nella penisola dei Somali : relazione. Milan, tip. P.-B. Bellini. In-4°, 12 p. av. 2 pl. 0f,50 (Extr. de l'*Esplorazione commerciale*). (9632)

Bellardi (L.). — I molluschi dei terreni terziarî del Piemonte e della Liguria, descritti dal dott. *F. Sacco*. Parte XXV (Spondylidae, Radulidae, Aviculidae, Vulsellidae, Pernidae, Pennidae, Mytilidae, Dreissensiidae). Turin, C. Clausen. In-4°, 54 p. av. 12 pl. (8715)

Cantamessa (F.). — I fossili : introduzione ai primi elementi di paleontologia. Turin, Unione tipografico-editrice. In-8°, VII-216 p. 3f,60. (9130)

Capeder (G.). — Contribuzione allo studio dei *Litothamnium* terziarî del Piemonte : nota. Turin, tip. Toffaloni. In-8°, 12 p. (6234)

—— Osservazioni geologiche e petrografiche sull'anfiteatro morenico di Rivoli : nota. Turin, tip. Toffaloni. In-8°, 16 p. (6667)

—— Studio microscopico su alcune più importanti rocce di Val d'Ala (Piemonte). Turin, tip. Toffaloni. In-8°, 14 p. av. 2 pl. (6668)

—— Sulla probabile presenza delle ellipsactinie nei calcari a litotamni terziarî : nota. Turin, tip. Toffaloni. In-8°, 8 p. (6669)

Cavazzi (A.). — Saggî calorimetrici sulla pirite bianca e sulla gialla: nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 7 p. (Extr. du *Rendiconto delle sess. d. r. accad. delle scienze dell'istit. di Bologna*). (6235)

Fornasini (C.). — Indice ragionato de le Rotaliine fossili d'Italia spettanti ai generi *Truncatulina*, *Planorbulina*, *Anomalina*, *Pulvinulina*, *Rotalia* e *Discorbina*: studio monografico. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 54 p. av. fig. (Extr. des *Memorie d. r. accad. dell. scienze dell'istit. di Bologna*). (6239)

Longhi (P.). — Sopra i resti di un cranio di *Champsodelphis* fossile scoperto nella molassa miocenica del Bellunese: memoria. Padoue, tip. Prosperini. In-8°, 60 p. (Extr. des *Atti d. soc. veneto-trentina di scienze naturali*). (7148)

Meschinelli (A.). — Fungorum fossilium omnium hucusque cognitorum iconographia. Vicetiae, typ. Aloysii Fabris et C. In-4°, XX-144 p. av. 31 pl. (7149)

Nicolis (E.). — Circolazione interna e scaturigini delle acque nel rilievo sedimentale vulcanico della regione veronese e della finitima. Vérone. In-8°, 209 p., 2 cartes. 6f,25.

Omboni (G.). — Il gabinetto di geologia della r. università di Padova : cenni. Padoue, tip. fr. Gallina. In-16, 63 p. (6245)

Patroni (G.). — Note paletnologiche sull'Italia Meridionale. I (La grotta Cicchetti nell'agro di Matera). Parme, tip. L. Battei. In-8°, 8 p. (Extr. du *Bullett. di paletnologia italiana*). (7933)

Ristori (G.). — Resti d'orso nel quaternario di Ponte alla Nave

(dintorni d'Arezzo): nota paleontologica. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, 11 p. (7155)

Stampinato (G.-B.). — Le rocce di capo Calevà e punta Fetente (isola di Sicilia): appunti geologici e petrografici. Patti, tip. Paci. In-4°, 40 p. (9137)

Stoppani (A.). — Acqua ed aria, ossia la purezza del mare e dell' atmosfera fin dai primordî del mondo animato: conferenze. Terza edizione per cura di *A. Malladra*. Milan, tip. L.-F. Cogliati. In-8°, xix-561 p. av. 2 pl. 4f,50. (5246)

Tascone (L.). — Il fenomeno delle fiamme apparse entro il cratere vesuviano nell'aprile 1898. Naples, tip. De Rubertis. In-8°, 7 p. (6688)

Tavole per la determinazione pratica dei minerali. Pavie, lit. S. Bruni. In-4°, 34 p. (6689)

Trabucco (G.). — Stratigrafia dei terreni ed elenco delle rocce della provincia di Firenze. Florence, tip. M. Ricci. In-8°, 47 p. 0f,70. (4798)

Viola (C.). — Porosità, permeabilità e metamorfismo delle rocce in genere e delle roccie eruttive degli Ernici in ispecie. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, 11 p. (Extr. des *Proc. verb. d. soc. toscana di scienze naturali*). (5247)

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

Averone (A.). — Ricerche idrauliche. Mantoue, tip. A. Mondovi e fig. In-4°, v-89 p. av. 8 pl. (10185)

Enrietti (G.). — Le industrie meccaniche alla exposizione generale italiana in Torino, 1898: studio di un operaio. Turin, tip. s. Giuseppe degli Artigianelli. In-8°, 75 p. 1 fr. (9238)

Ronco (N.). — Della similitudine delle turbine. Gênes, tip. P. Martini. In-8°, 23 p. (Extr. de l'*Annuario* 1897-1898 *d. r. scuola navale superiore*). (6683)

Sensi (F.). — Delle forze che entrano in giuoco nei movimenti di traslazione degli animali domestioi: teoria del tiro. Foligno, tip. F. Salvati. In-8°, 14 p. av. fig. (7935)

—— Metodo per determinare il centro di gravità negli animali domestici. Foligno, tip. F. Salvati. In-8°, 7 p. av. fig. (7936)

5° *Applications inpustrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

Belluomini (G.). — Il fonditore in tutti i metalli : opera indispensabile ai fonditori in ghisa, in bronzo, in ottone, in campane, in caratteri tipografici ed altre industrie. Seconda edizione. Milan, U. Hoepli. In-16, VIII-150 p. av. fig. (9712)

Bonghi (M.). — Descrizione dell' impianto ad alto potenziale ed accumulatori per l' illuminazione elettrica e la distribuzione di forza motrice nella città di Napoli. Milan, tip. C. Rebeschini e C. In-8°, 4 p. av. planche (Extr. des *Atti dell' associazione elettrotecnica italiana*). (4790)

Demichelis (A.). — Le lampade elettriche ad incadescenza e costo della loro luce : studio sperimentale e teorico. Turin, tip. V. Bona. In-8°, 54 p. av. fig. 2 fr. (10212)

Ferrini (R.). — Manuale di telegrafia. Seconda edizione corretta ed accresciuta. Milan, U. Hoepli. In-16, VIII-315 p. (9634)

Formenti (C.). — L'allumino. Milan. In-8°, XII-323 p., av. 67 fig. et 21 pl. 4f,25.

Frigerio (M.). — Chimica agraria : l'importanza dell'analisi dei terreni agrari. Alba, tip. Sansoldi. In-16, 24 p. 0f,25. (4880)

Fumero (E.). — La macchina dinamo-elettrica, come funziona e come é costruita : descrizione popolare. Turin, S. Lattes e C. In-4°, 39 p. av. fig. et planche. 4 fr. (9243)

Ghersi (I.). — Metallocromia : colorazione e decorazione dei metalli per via chimica ed elettrica. Milan, U. Hoepli. In-16, VIII-190 p. (9244)

Lamanna (P.-A.). — Determinazione del ferro contenuto nel solfato di rame del commercio : nota. Milan, tip. del Riformatorio patronato. In-8°, 3 p. (Extr. du *Bollett. chimico-farmaceutico*). (6241)

Lussana (S.). — Telegrafo senza fili sistema Marconi : conferenza scientifico-sperimentale tenuta il 29 maggio 1898 nel teatro dei Rozzi. Sienne, tip. Cooperativa. In-8°, 23 p. av. planche. (8308)

Pagliani (S.). — Sopra una proprietà di un sistema trifase : nota. Milan, tip. C. Rebeschini e C. In-8°, 7 p. av. fig. (Extr. des *Atti dell' associazione elettrotecnica italiana*). (6840)

Pasqualis (L.). — Descrizione dell' avvisatore elettrico automatico. Venise, tip. C. Ferrari. In-4°, 15 p. av. planche (Texte italien-français-anglais-allemand). (6843)

Tolomei (G.). — La telegrafia senza fili. Florence, tip. A. Meozzi. In-8°, 13 p. (Extr. du *Bollett. d. soc. toscana degli ingegneri e architetti*). (4797)

6° *Exploitation des mines. — Gites minéraux.*

Alessandri (P.-E.) e Alessandri (G.-G.). — Acqua sulfurea della fonte nuova in S. Omobono, Valle Imagna, provincia di Bergamo, proprietà dei fratelli Mazzoleni : analisi chimica. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 11 p. (6662)

Bertolio (S.). — Sulla genesi dei giacimenti di petrolio : comunicazione fatta nella seduta del 28 marzo 1898 alla società chimica di Milano. Milan, tip. degli Operai. In-8°, 20 p. (Extr. de l'*Annuario d. soc. chimica di Milano*). (7927)

Bertoni (G.). — Nuove ricerche chimiche sulla natura minerale dell' acqua delle terme del Masino : relazione. Livourne tip. A. Debatte. In-8°, 13 p. (Extr. de l'*Annuario del laboratorio di chimica generale e tecnologia d. r. accad. navale*). (6231)

Case (E. Della). — Acqua e carbone in Italia. Modène, tip. Namias e C. In-8°, 35 p. (10204)

Catalogo della mostra fatta dal corpo reale delle miniere all'esposizione generale italiana del 1898 in Torino, con cenni descrittivi dei principali giacimenti italiani di minerali utili, notizie sul servizio minerario, geologico ed idrografico e tabelle statistiche (Ministero di agricoltura, industria e commercio : direzione generale dell'agricoltura). Rome, tip. G. Bertero. In-8°, 155 p. 1 fr. (9721)

Druetti (A.). — Dei giacimenti zinciferi nelle valli bergamasche e di un nuovo processo di fabbricazione del bianco di zinco e del zinco metallico. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 35 p. av. fig. (6832)

Habets (A.). — Rapport sur les mines de fer manganésifère du Monte Argentario près Orbetello (Italie). Livourne, tip. G. Meucci. In-4°, 18 p. (5859)

Pons (E.). — Acqua minerale di Panna (Mugello), proprietà del marchese Pietro Torrigiani : analisi chimica. Florence, tip. M. Ricci. In-8°, 8 p. (4795)

7° *Construction. — Chemins de fer.*

Castelnuovo (G.). — Sulle costruzioni in ferro e cemento : nota. Turin, tip. G. Civelli. In-8°, 7 p. av. planche. (9200)

Costruttore (Il) : trattato pratico delle costruzioni civili, industriali e pubbliche, delle arti ed industrie attinenti, disposto alfabeticamente, ad uso dell' ingegnere civile ed industriale, dell'architetto, dell' agronomo, dei capimastri, imprenditori, industriali, ecc. Opera illustrata da oltre 4.000 incisioni. Disp. 189-195. Milan, F. Vallardi. In-4° av. fig., p. 473-688, av. planche. (6297-7210-8761)

Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle tramvie: norme pratiche dettate da una eletta di ingegneri specialisti. Turin, Unione tipografico-editrice. In-4° av. fig: Disp. 137-141, p. 1-24, av. 6 pl.; p. 25-56, av. 6 pl., p. 369-400, av. 7 pl.; p. 1-32 av. 4 pl. 2 fr. la livraison. (6298-7211-8347-9201)

Funicolare di Montecatini in Val di Nievole (società Carlo Barbano e C.): regolamenti. Florence, tip. G. Civelli. In-24, 75 p. (4881)

Gatto (M.). — Ventilazione naturale dei sotterranei. Girgenti, tip. Formica e Gaglio. In-8°, 112 p. av. planche. (7213)

Guidi (C.). — Lezioni sulla scienza delle costruzioni. Parte V (Spinta delle terre, muri di sostegno delle terre e delle acque). Terza edizione. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 37 p. avec fig. et 2 pl. 1 fr. (7978)

Niccolini (F.). — Il tram elettrico. Livourne, R. Giusti. In-16°, xii-206 p. 1f,50. (7216)

Relazione sull' esercizio delle strade ferrate italiane per l'anno 1892 (Ministero dei lavori publici : r. ispettorato generale delle strade ferrate). Rome, tip. dell' Unione cooperativa editrice. In-4°, vii-746 p. (10192)

8° *Législation. — Économie politique et sociale.*

Conti (E.). — Le tariffe per la vendita dell' energia elettrica: nota. Milan, tip. C. Rebeschini e C. In-8°, 27 p. av. fig. (Extr. des *Atti dell' associazione ellettrotecnica italiana*). (5339)

Garrone (L.). — Le officine elettriche e la tassa sui fabbricati. — La legge riguardante la tassa sull' energia elettrica : nota. Milan, tip. C. Rebeschini e C. In-8°, 7 p. (Extr. du même recueil). (5346)

Luzzati (G.). — La question des accidents du travail en Italie (Congrès des actuaires de Londres, 1898). Milan, impr. des Ouvriers. In-8°, 19 p. (5184)

Regolamento per l'esercizio e la sorveglianza delle caldaie e dei

recipienti di vapore, approvato con r. decreto 27 giugno 1897, n° 290, corredato delle relative disposizioni della legge sulla pubblica sicurezza e di altre attinenti alla materia. Naples, E. Pietrocola. In-16, 19 p. 0f,30. (5354)

9° *Objets divers.*

Boccardo (E.-C.) e Baggi (V.). — Trattato elementare completo di geometria pratica. Disp. 59. Parte II (Topografia). Turin, Unione tipografico-editrice. In-8°, p. 73-104, avec 4 pl. 1f,50. (6232)

Crugnola (G.). — Dizionario tecnico di ingegneria e di architettura nelle lingue italiana, francese, inglese e tedesca, compresovi le scienze, arti e mestieri affini. Parte I, disp. 77-79. Turin, A.-F. Negro. In-8°, p. 705-840. (5819)

Fontana (C.). — Sugli aerostati metallici: saggio. Milan, tip. Rossi. In-8°, 94 p. avec fig. 1 fr. (5237)

LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS

ENTRE LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Les *Annales des Mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1898, aux Sociétés et publications dont les noms suivent :

1. — The Journal of the FRANKLIN INSTITUTE. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY. *Philadelphie.*
4. — ROYAL SOCIETY OF LONDON. *Londres.*
5. — The quarterly Journal of the GEOLOGICAL SOCIETY. *Londres.*
6. — INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. *Londres.*
7. — ROYAL IRISH ACADEMY. *Dublin.*
8. — SOCIETA TOSCANA DI SCIENZE NATURALI. *Pise.*
9. — L'Industria. Rivista tecnica ed economica illustrata. *Milan.*
10. — SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE.
11. — SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — SOC. D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — KAISERLICH-KÖNIGLICHE GEOLOGISCHE REICHSANSTALT. *Vienne.*
17. — . . . .
18. — The Colliery Guardian and Journal of the Coal and Iron Trades. *Londres.*
19. — ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH. *Édimbourg.*
20. — SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. *Saint-Étienne.*
21. — SMITHSONIAN INSTITUTION. *Washington.*
22. — Zeitschrift der DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT. *Berlin.*
23. — . . . .
24. — Zeitschrift des OESTERREICHISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS. *Vienne.*
25. — SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. *Buenos-Ayres.*
26. — Zeitschrift des ARCHITEKTEN- UND INGENIEUR-VEREINS ZU HANNOVER. *Hanovre.*
27. — GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA. *Calcutta.*

28. — Berg- und Hüttenmännische Zeitung. *Leipzig.*
29. — Société industrielle de Mulhouse.
30. — Société Chimique de Paris.
31. — Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere, Architetto civile ed industriale. *Milan.*
32. — Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. *Berlin.*
33. — Société des Ingénieurs civils. *Paris.*
34. — Bureau Central Météorologique de France. *Paris.*
35. — Boston Society of Natural History. *Boston.*
36. — Société linnéenne de Normandie. *Caen.*
37. — Comité géologique de la Russie. *St-Pétersbourg.*
38. — Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala. *Upsal.*
39. — Königliche Ungarische geologische Anstalt. *Buda-Pesth.*
40. — The Journal of the Iron and Steel Institute. *Londres.*
41. — The Engineering and Mining Journal. *New-York.*
42. — North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. *Newcastle-upon-Tyne.*
43. — Literary and Philosophical Society of Manchester.
44. — Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. Bergakademien zu Leoben und Przibram und der Kön. Ungar. Bergakademie zu Schemnitz. *Vienne.*
45. — Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. *Vienne.*
46. — Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. *Liège.*
47. — American Institute of Mining Engineers. *Easton (Pensylvanie).*
48. — Reale Accademia dei Lincei. *Rome.*
49. — American chemical Society. *New-York.*
50. — Academy of natural Sciences of Philadelphia.
51. — Comision del Mapa geologigo de España. *Madrid.*
52. — Mémorial de l'Artillerie de la Marine. *Paris.*
53. — . . . .
54. — L'Électricien, revue générale d'électricité. *Paris.*
55. — Giornale del Genio civile. *Rome.*
56. — Le Génie civil. *Paris.*
57. — Revista minera y metalurgica. *Madrid.*
58. — Annales de la Société géologique de Belgique. *Liège.*
59. — United States geological Survey. *Washington.*
60. — Institut royal géologique de Suède. *Stockholm.*
61. — . . . .
62. — Revue de la législation des mines. *Paris.*

63. — Direction des travaux géologiques du Portugal. *Lisbonne.*
64. — . . . .
65. — K. K. Naturhistorischer Hofmuseum. *Vienne.*
66. — College of Science, Imperial University, Japan. *Tokyo.*
67. — Kais. Leopoldinisch-Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher. *Halle-sur-Saale.*
68. — Annales de la Faculté des sciences de Toulouse.
69. — New-York Academy of sciences. *New-York.*
70. — Institution of Mechanical Engineers. *Londres.*
71. — Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. *Berne.*
72. — Department of Mines of New South Wales. *Sydney.*
73. — Revue générale des sciences pures et appliquées. *Paris.*
74. — The School of Mines Quarterly. *New-York.*
75. — Geological and Natural History Survey of Canada. *Ottawa.*
76. — La Réforme sociale. *Paris.*
77. — Société internationale des Électriciens. *Paris.*
78. — Bulletin of the Geological Society of America. *Rochester (N.-Y.).*
79. — Commission internationale du Congrès des chemins de fer. *Bruxelles.*
80. — Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des mines. *Paris.*
81. — Zeitschrift für praktische Geologie. *Berlin.*
82. — The Journal of Geology, University of Chicago.
83. — Bulletin of the Department of Geology, University of California. *Berkeley.*
84. — Bulletin de l'Association des ingénieurs-électriciens sortis de l'Institut électro-technique Montefiore. *Liège.*
85. — Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. *Bruxelles.*
86. — La Revue Technique. *Paris.*
87. — American Museum of Natural History. *New-York.*
88. — Australasian Institute of Mining Engineers. *Melbourne.*
89. — Bulletin technologique de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. *Paris.*

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME QUATORZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

EXPLOITATION DES MINES. — GÎTES MINÉRAUX.

CHIMIE. — MÉTALLURGIE.

BIBLIOGRAPHIE.

Deuxième semestre de 1898.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME QUATORZIÈME.

Pl. I, II et III. — Le bassin crétacé de Fuveau et le bassin houiller du Nord.
Pl. IV. — Champs aurifères du Murchison Range.
Pl. V, VI et VII. — Études sur certains aciers spéciaux.
Pl. VIII. — Carte des gîtes minéraux du Japon.
Pl. IX et X. — Étude sur la convergence des essieux dans les voitures à grand écartement d'essieux de la Compagnie d'Orléans.
Pl. XI à XIV. — Accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1897.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES, 6, RUE GAMBETTA.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES, CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

*Décret du Président de la République, du 1er octobre 1898, portant institution de la concession des mines d'antimoine, plomb, arsenic et métaux connexes d'*ALZEN (Ariège).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — Il est fait concession à MM. Bourret Antoine-Bonnefont et Bourret Louis-Bonnefont, des mines d'antimoine, plomb, arsenic, fer et métaux connexes, comprises dans les limites ci-après définies, communes d'Alzen, Cadarcet, Montels et Serres, arrondissement de Foix, département de l'Ariège.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Alzen*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par une ligne droite joignant le point A, angle sud-est de la métairie de Paoudure, au point B, angle sud-est de la maison de Tressouly ;

A l'*est*, par une ligne droite joignant ledit point B au point C, point d'intersection des limites des trois communes d'Alzen, Cadarcet et Serres; puis par le cours du ruisseau de Partit, rive gauche, depuis le point C jusqu'au point D, confluent de ce ruisseau avec le ruisseau de la Goutte-Pelaze ;

Au *sud-est*, par une ligne droite joignant ledit point D au point E, centre de la borne en pierre n° 93 sur la limite des communes de Serres et d'Alzen;

Au *sud*, par une ligne droite joignant ledit point E au point F, angle sud-est de la ferme du Col;

A l'*ouest*, par une ligne brisée FGA formée :

1° Par une ligne droite FG joignant ledit point F au point G, angle sud-est de la chapelle Sainte-Croix d'Alzen;

2° Par une ligne droite GA joignant ledit point G au point de départ A ;

Lesdites limites renferment une étendue superficielle de 7 kilomètres carrés, 36 hectares, 63 ares.

Art. 3. — La présente concession ne s'applique pas aux minerais de fer, en filons ou en couches, ou d'alluvion qui peuvent être exploités comme minières et restent à la disposition des propriétaires desdites minières dans les termes et conditions des articles 57, 58, 68, 69 et 70 de la loi du 21 avril 1810 modifiée par les lois des 9 mai 1866 et 27 juillet 1880.

Art. 4. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger aux minerais d'antimoine, plomb, arsenic, fer et métaux connexes qui peuvent exister dans l'étendue de la concession d'Alzen.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit aux concessionnaires des mines d'Alzen, soit à une autre personne.

Art. 5. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 6. — Les concessionnaires se conformeront aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 7. — Si les concessionnaires veulent renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*).

Art. 8. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais des concessionnaires, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 9. — Le ministre des travaux public est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION D'ALZEN,

Conforme au cahier des charges de la concession de La Fare (Voir *suprà*, p. 43).

Art. 1er. — *Délai d'abornement :* Six mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau :* 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer :* 10 mètres.

(*) Conforme à l'article 6 du décret du 8 février 1898, instituant la concession de La Fare (Voir *suprà*, p. 42).

Décret du Président de la République, du 1er octobre 1898, portant extension, quant au périmètre et aux substances concédées, de la concession des mines de manganèse de Montels (Ariège).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — Il est fait concession à M. le marquis de Narbonne-Lara, propriétaire de la concession des mines de manganèse de Montels (*), des mines de manganèse, fer et métaux connexes, comprises dans les limites ci-après définies, communes de Montels, La Bastide-de-Sérou, Alzen et Nescus, arrondissement de Foix, département de l'Ariège.

Art. 2. — Cette concession est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, par deux périmètres, l'un extérieur, l'autre intérieur, ainsi définis :

1° *Extérieurement :*

Au *nord*, une ligne droite joignant le point F, intersection du bord est du chemin de La Bastide à Las Fittes avec le bord nord du chemin de La Béouze à Unjak, au point H, angle sud-est de l'église d'Unjak ;

A l'*est*, une ligne brisée HAG, formée : 1° d'une ligne droite HA joignant ledit point H au point A, angle sud-est de la métairie de Paoudure ; 2° d'une ligne droite AG joignant ledit point A au point G, angle sud-est de la chapelle Sainte-Croix d'Alzen ;

Au *sud*, une ligne brisée GILP formée : 1° d'une ligne droite GI joignant ledit point G au point I, angle nord-est de la même chapelle ; 2° d'une ligne droite IL joignant ledit point I au point L, confluent du ruisseau de Peyet dans la rivière de l'Arize et sommet de la concession de Castelmir, instituée par décret du 20 août 1873 (**) ; 3° d'une ligne droite LP, joignant ledit point L au point P, milieu de l'axe du pont de La Bastide-de-Sérou, sur la route nationale n° 117, et sommet de la concession de Castelmir ;

A l'*ouest*, enfin, une ligne droite PF joignant ledit point P au point F de départ.

(*) Concession instituée par décret du 25 août 1861 (volume de 1861, p. 342).

(**) Volume de 1873, p. 212.

2° *Intérieurement :*

Le périmètre ABCDE de la concession actuelle de Montels, périmètre qui a, en commun avec le précédent, le sommet A.

Art. 3. — Cette concession sera réunie à la concession de Montels, pour ne former avec elle et sous le même nom qu'une seule et même concession portant sur les territoires de La Bastide-de-Sérou, Montels, Alzen et Nescus, s'appliquant aux substances suivantes : manganèse, fer et métaux connexes, et qui est et demeure délimitée, conformément au plan susvisé, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par une ligne droite joignant le point F, intersection du bord est du chemin de La Bastide à Las Fittes avec le bord nord du chemin de La Béouze à Unjak, au point H angle sud-est de l'église d'Unjak ;

A l'*est*, par une ligne brisée HAG, formée : 1° d'une ligne droite HA joignant ledit point H au point A, angle sud-est de la métairie de Paoudure ; 2° d'une ligne droite AG joignant ledit point A au point G, angle sud-est de la chapelle Sainte-Croix d'Alzen ;

Au *sud* par une ligne brisée GILP, formée : 1° d'une ligne droite GI joignant ledit point G au point I, angle nord-est de la même chapelle ; 2° d'une ligne droite IL joignant ledit point I au point L, confluent du ruisseau de Peyet dans la rivière de l'Arize et sommet de la concession de Castelmir ; 3° d'une ligne droite LP joignant ledit point L au point P, milieu de l'axe du pont de La Bastide-de-Sérou, sur la route nationale n° 117 et sommet de la concession de Castelmir ;

A l'*ouest*, par une ligne droite PF joignant ledit point P au point F, de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 6 kilomètres carrés, 38 hectares, 80 ares.

Art. 4. — La présente concession ne s'applique pas aux minerais de fer en filons ou en couches ou d'alluvions qui peuvent être exploités comme minières et restent à la disposition des propriétaires desdites minières dans les termes et conditions des articles 57, 58, 68, 69 et 70 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par les lois des 9 mai 1866 et 27 juillet 1880.

Art. 5. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger aux minerais de manganèse, fer et métaux connexes qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de Montels.

La concessoin de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire des mines de Montels, soit à une autre personne.

Art. 6. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810 modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 7. — Le concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 8. — Si le concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*).

Art. 9. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais du concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 10. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE MONTELS,

Conforme au cahier des charges de la concession de La Fare (Voir *suprà*, p. 43).

Art. 1er. — *Délai d'abornement:* Six mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau :* 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer :* 10 mètres.

---

*Décret du Président de la République, du 4 octobre 1898, portant institution de la concession des mines de zinc, plomb et métaux connexes d'*Esparon (Gard).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — Il est fait concession à MM. Ricard (Henri), Finiels Félix-Sigismond) et Fabre (Gaston) des mines de zinc, plomb et

---

(*) Conforme à l'article 6 du décret du 8 février 1898 instituant la concession de La Fare (Voir *suprà*, p. 42).

métaux connexes, comprises dans les limites ci-après définies, communes de Bez-et-Esparon, Arre, Molières, arrondissement du Vigan, département du Gard.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Esparon*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord-ouest*, par deux lignes droites : la première joignant le point A, angle sud-ouest de la maison dite : Mas Foby, appartenant indivise aux srs Henri et Rosalie Foby, n° 558, section B, du plan cadastral de la commune de Bez-et-Esparon, au point E, sommet du clocher de l'église de Bez ; la seconde joignant le point E ainsi défini, au clocher de l'église d'Arre, sommet F;

Au *sud*, par une ligne droite joignant le point F ci-dessus défini au point D, clef de voûte côté ouest du pont de Lasfous à Navas, sur le chemin de fer de Tournemire au Vigan, section C du plan cadastral de la commune de Molières;

A l'*est*, par une ligne droite joignant le point D ci-dessus défini au point de départ A ;

Lesdites limites comprenant une étendue superficielle de 163 hectares, 36 ares.

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger aux minerais de zinc, plomb et métaux connexes, qui peuvent exister dans l'étendue de la concession d'Esparon.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit aux concessionnaires des mines d'Esparon, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 5. — Les concessionnaires se conformeront aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 6. — Si les concessionnaires veulent renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*).

Art. 7. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais des

(*) Conforme à l'article 6 du décret du 8 février 1898 instituant la concession de La Fare (Voir *suprà*, p. 42).

concessionnaires, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 8. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION D'ESPARON,

Conforme au cahier des charges de la concession de La Fare (Voir *suprà*, p. 43).

Art. 1er. — *Délai d'abornement :* Six mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau :* 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer :* 10 mètres.

Arrêté ministériel,* du 7 *octobre* 1898, *modifiant l'article* 5 *de l'arrêté du* 2 *février* 1893, *relatif aux brevets de mécanicien de la marine marchande.

Le ministre des travaux publics,

Vu l'arrêté du 2 février 1893(*), relatif aux brevets des mécaniciens des bateaux à vapeur naviguant dans les eaux maritimes, et spécialement l'article 5 ainsi conçu :

« Les élèves brevetés des écoles nationales d'arts et métiers
« seront considérés comme ayant, du fait de leur séjour à l'école,
« travaillé effectivement pendant un an comme ajusteurs » ;

Vu la dépêche du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, en date du 6 juin 1898;

Vu l'avis de M. le ministre de la marine en date du 28 septembre 1898 ;

Sur la proposition du conseiller d'État, directeur des routes de la navigation et des mines,

Arrête :

L'article 5 de l'arrêté du 2 février 1893 est modifié comme suit :

Art. 5. — Les élèves brevetés des écoles nationales d'arts et métiers, de l'école nationale pratique d'ouvriers et contremaîtres de Cluny et de l'école nationale d'apprentissage de Dellys seront

---

(*) Volume de 1893, p. 36.

considérés comme ayant, du fait de leur séjour à l'école, travaillé effectivement pendant un an comme ajusteurs.

Paris, le 7 octobre 1898.
Jules Godin.

Décret du Président de la République, du 25 octobre 1898, portant fixation des traitements des contrôleurs des mines.

Le Président de la République française,
Sur le rapport du ministre des travaux publics,
Vu les décrets des 24 décembre 1851 (*), 11 janvier 1884, 13 février 1890 et 3 janvier 1894 (**).
Vu la loi de finances portant fixation du budget de l'exercice 1898;
Le conseil d'État entendu,
Décrète :

Art. 1er. — Les traitements des contrôleurs des mines, non compris les indemnités de résidence qui peuvent leur être allouées par le ministre des travaux publics, sont fixés comme il suit :

Contrôleurs principaux, 4.200 francs, 3.800 francs, 3.400 francs;
Contrôleurs de 1re classe, 3.000 francs;
Contrôleurs de 2e classe, 2.600 francs;
Contrôleurs de 3e classe, 2.200 francs;
Contrôleurs de 4e classe, 1.900 francs.

Le ministre des travaux publics détermine l'effectif des contrôleurs des mines des diverses classes dans la mesure des ressources budgétaires et en répartissant les agents dans chaque classe d'après les proportions suivantes de l'effectif total :

Contrôleurs principaux, au plus 4/15;
Contrôleurs de 1re classe, au plus 3/15;
Contrôleurs de 2e classe, au plus 3/15;
Contrôleurs de 3e classe, au plus 3/15;
Contrôleurs de 4e classe, au moins 2/15.

(*) *Annales des Mines*, 2e volume de 1851, p. 726.
(**) Volumes de 1884, p. 5; de 1890, p. 10; de 1894, p. 5.

Pour obtenir une élévation de classe, les contrôleurs doivent compter au moins trois ans de services dans la classe immédiatement inférieure.

Art. 2. — Nul ne peut être nommé contrôleur principal, s'il ne compte au moins trois ans de services en qualité de contrôleur de 1re classe.

Le traitement de 3.800 francs ne peut être accordé qu'aux contrôleurs principaux comptant au moins cinq ans de grade et vingt-cinq ans de services comme contrôleur, et le traitement de 4.200 francs qu'aux contrôleurs principaux comptant au moins dix ans de grade et trente ans de services comme contrôleur.

Art. 3. — Sont abrogées les dispositions des décrets susvisés contraires au présent décret.

Art. 4. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, dont l'effet pourra remonter au 1er juillet 1898.

Fait à Paris, le 25 octobre 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
Jules GODIN.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.



CHEMINS DE FER. — ACTES DE MALVEILLANCE COMMIS SUR LES VOIES FERRÉES.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 4 octobre 1898.

Monsieur le Préfet, depuis un certain temps, les actes de malveillance, — tels que le calage, la destruction ou l'enlèvement des signaux, la pose de pierres ou d'autres obstacles en travers des rails, — se multiplient sur les chemins de fer. Ces méfaits ont souvent pour auteurs des enfants, qui ne se rendent pas un compte parfaitement exact de la portée de leur action; mais qu'ils soient, ou non, commis dans une intention coupable, ils peuvent avoir et ils ont parfois de terribles conséquences. Si, en effet, la surveillance incessante exercée par le personnel des chemins de fer parvient le plus fréquemment à déjouer ces tentatives, il en est qui aboutissent; l'accident de la Rochepiquet (réseau Paris-Lyon-Méditerranée), — accident particulièrement grave, puisqu'il a fait douze victimes, — est dû à un acte de malveillance.

Il est regrettable de constater que, la plupart du temps, les auteurs de ces faits demeurent inconnus et, en tout cas, impunis.

Un redoublement de vigilance s'impose de la part des agents des Compagnies, et les autorités locales doivent, de leur côté, exercer une surveillance plus active, plus rigoureuse pour être plus efficace.

Me référant, Monsieur le Préfet, aux circulaires de mon Administration, datées des 25 octobre 1854 et 17 juillet 1882(*), je vous prie d'adresser aux maires des communes traversées par

(*) Volume de 1882, p. 228 et 229.

les chemins de fer, au service de la police et à la gendarmerie de nouvelles instructions pour que, renforçant l'action des agents des chemins de fer, ils recherchent soigneusement les individus, quels qu'ils soient, qui se sont rendus coupables des méfaits dont je viens de vous entretenir.

Vous voudrez bien m'accuser réception de la présente circulaire.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
Jules Godin.

CHEMINS DE FER. — RETARDS DES TRAINS.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 24 octobre 1898.

Messieurs, à la suite des nombreuses irrégularités qui se sont produites, l'année dernière, dans le service des chemins de fer, l'administration a fait procéder, par les fonctionnaires du contrôle et la section de contrôle, à une étude approfondie des causes générales des retards de trains et des mesures propres à faire disparaître ces causes, ou tout au moins à les atténuer dans la mesure du possible.

Les résultats de cette étude ont été soumis au comité de l'exploitation technique.

Le comité a constaté que les retards pouvaient être classés, d'après les points sur lesquels ils se produisent, en diverses catégories, pour chacune desquelles il a indiqué les mesures qui paraissent les plus propres à ramener la régularité de service, savoir :

I. — *Retards au départ dans les gares de formation.*

Ouverture de guichets supplémentaires les jours d'affluence ; distribution des billets par des contrôleurs, par les bureaux de ville, les agences particulières et les hôtels ; enregistrement des bagages par les mêmes intermédiaires, etc. ;

Prévision des affluences ; au besoin, création, dans ce but,

d'un service spécial de renseignements; préparation du matériel pour les trains à dédoubler;

Opportunité d'examiner si on ne pourrait pas faire partir le train dédoublé avant l'heure réglementaire du train régulier, comme train facultatif *prévu à l'horaire*, dans le but de débarrasser plus tôt la gare de départ et d'éviter les retards imposés aux trains correspondants par l'attente du train dédoublé, quand celui-ci part après l'heure réglementaire;

Arrêt, à une gare de croisement, des trains en retard approchant d'une gare terminus de voie unique, pour ne pas grever de ce retard, dès l'origine de leur marche, les trains ayant leur point de départ à cette gare.

II. — *Retards prenant naissance dans les gares de correspondance.*

Ces retards sont dus, si l'on admet que les battements normaux sont convenablement calculés pour le transbordement des voyageurs, bagages et messageries, aux délais d'attente des trains en retard sur la ligne correspondante.

Or la question du délai d'attente comporte une grande variété de cas d'espèce et ne peut être soumise à des règles générales, et elle doit faire, dans chaque gare, l'objet d'une consigne locale très étudiée, dans laquelle il sera tenu un juste compte du caractère des divers trains en correspondance, des relations qu'ils doivent assurer au-delà de la gare, du temps qui s'écoulera avant le passage d'un autre train de même direction, etc., etc.

III. — *Retards dans les stations intermédiaires.*

Ces retards proviennent, la plupart du temps, de l'affluence des voyageurs, et peuvent être diminués par l'initiative et le zèle du personnel, qui doit s'efforcer de rechercher les places libres, d'y faire monter rapidement les voyageurs.

La transmission de gare en gare, par le télégraphe, du nombre de places disponibles dans un train peut être une excellente mesure, et permet, le cas échéant, de préparer le matériel ou même les trains supplémentaires nécessaires.

IV. — *Retards de route.*

Dans ce cas, la cause est imputable soit à des incidents fortuits, auxquels on ne peut indiquer aucun remède, soit à la puis-

sance insuffisante des machines motrices, soit au grand nombre de ralentissements imposés par les chantiers de la voie.

Le mode d'entretien par revision générale, pendant l'époque où le trafic est le moins intense, serait évidemment de nature à améliorer la situation à ce dernier point de vue ; mais une question aussi controversée ne saurait être tranchée par la seule considération de la plus grande régularité de marche des trains.

Enfin le comité a fait remarquer qu'un des meilleurs moyens de prévenir les retards *de toute nature* consistait à en établir nettement les causes et à préciser et poursuivre les responsabilités engagées, et à ce point de vue il a pensé qu'il convenait de recommander la pratique, suivie sur quelques réseaux, où tout retard est l'objet d'une enquête minutieuse.

J'appelle, Messieurs, votre très sérieuse attention sur les observations du comité, que je vous transmets à titre d'indication. Je vous rappelle, d'ailleurs, qu'aux termes des règlements, les horaires approuvés doivent être exactement suivis. La régularité de la marche des trains est, en effet, une des principales garanties de sécurité ; c'est aussi une condition essentielle pour le bon fonctionnement du service des voyageurs et des marchandises, sur lequel le public est en droit de compter. Des améliorations ont déjà été réalisées, à ce point de vue, sur certains réseaux ; mais la situation est encore loin d'être satisfaisante, et il importe d'y remédier sans délai.

Je vous invite donc à prendre d'urgence toutes les mesures nécessaires pour éviter les retards de trains et, sauf les cas de force majeure, — qui seront l'exception si l'on tient compte, dans l'établissement des horaires, de toutes les circonstances se reproduisant périodiquement, — à punir sévèrement les agents responsables. Les fonctionnaires du contrôle tiendront, du reste, fermement la main à l'exécution de mes instructions et me rendront compte des résultats obtenus.

Veuillez m'accuser réception de la présente circulaire.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
Jules Godin.

MINES. — INSTRUCTION DES DEMANDES EN CONCESSION, EXTENSION, FUSION, ETC.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 31 octobre 1898.

Monsieur le Préfet, l'examen des dossiers de demandes en concession de mines, extension de concessions, fusion, réunion, etc., m'a conduit à remarquer que des difficultés, de nature presque toujours identique, se reproduisent fréquemment dans l'accomplissement des formalités réglementaires.

Il m'a paru qu'il serait utile de résumer, dans l'ordre même de l'instruction d'une affaire, les indications relatives au mode d'application des dispositions actuellement en vigueur. Tel est l'objet de la présente circulaire.

DEMANDES EN CONCESSION.

1. — En matière de demandes en concession de mines, trois cas se présentent, suivant que :

1° La demande n'intéresse qu'un seul département et, par suite, un seul arrondissement minéralogique ;

2° La demande porte sur deux ou plusieurs départements compris dans le même arrondissement minéralogique ;

3° La demande porte sur deux ou plusieurs départements compris dans des arrondissements minéralogiques différents.

I. — DEMANDES EN CONCESSION N'INTÉRESSANT QU'UN SEUL DÉPARTEMENT ET UN SEUL ARRONDISSEMENT MINÉRALOGIQUE.

Présentation de la demande. Sa recevabilité. — 2. — La demande, établie sur papier timbré et adressée au préfet, doit être enregistrée à la préfecture sur un registre particulier (art. 22 de la loi du 21 avril 1810), tenu conformément au modèle et aux indications de l'*Annexe n° 1* (*Voir* infrà *p.* 490).

La préfecture inscrit sur la pétition même, d'une façon bien explicite, le numéro d'inscription audit registre, et elle donne au requérant extrait certifié de l'enregistrement.

3. — En outre des indications sur la personnalité du demandeur, dont il sera traité au numéro suivant, toute demande doit donner:

L'indication des substances auxquelles s'applique la concession sollicitée ;

Celle des communes sur lesquelles elle s'étend;

L'énonciation très nette des limites adoptées;

La nature et la quotité de la redevance tréfoncière offerte aux propriétaires de la surface.

4. — En ce qui concerne les indications relatives à la personnalité du demandeur, trois cas doivent être distingués, suivant que:

1° La demande émane d'une personne agissant isolément;

2° Elle émane de plusieurs personnes agissant collectivement sans être réunies en société régulièrement constituée;

3° Elle émane d'une société dûment constituée.

Dans le premier cas, la pétition doit donner :

Les nom et prénoms du demandeur;

Sa nationalité ;

Son domicile réel, s'il est domicilié en France, ou son domicile d'élection, s'il est domicilié à l'étranger.

Dans le second cas, il doit être fourni, pour chacune des personnes agissant en nom, les mêmes indications que si elle intervenait isolément. Les intéressés peuvent confier à l'un d'entre eux le mandat de les représenter tous dans l'instruction, sous réserve que mention en soit faite dans la pétition et que due justification sera donnée des pouvoirs confiés au mandataire.

Si la demande est présentée par une société, celle-ci doit fournir ses statuts; son représentant ou ses représentants statutaires doivent justifier de leur pouvoir. Une expédition authentique des statuts, si elle n'est pas fournie dès l'origine, pourra être réclamée lorsque le dossier sera envoyée au conseil d'État; elle sera toujours rendue à la société, sur sa requête, lorsqu'il aura été définitivement statué sur la demande en concession.

Si la société est étrangère et que ses statuts soient rédigés dans une autre langue que le français, elle doit en fournir une traduction authentique, certifiée par les agents consulaires français du pays d'origine.

5. — Dans tous les cas, si le demandeur détient déjà, soit à titre de propriétaire, soit à titre d'amodiataire, une ou plusieurs con-

cessions s'appliquant, totalement ou partiellement, aux mêmes substances que celle par lui sollicitée, il doit en faire la déclaration et demander explicitement l'autorisation de les réunir à celle qui lui serait octroyée, le tout ainsi qu'il est dit au numéro 28.

6. — Toute demande en concession doit être soumise immédiatement à l'enquête légale, sans qu'il y ait lieu de rechercher si le gîte existe ou non, si le requérant est capable ou non d'obtenir une concession.

Cette règle comporte deux exceptions : l'administration doit, en effet, refuser de procéder à l'enquête :

1° Lorsque la demande, visant une substance déterminée, porte notoirement sur un périmètre déjà concédé pour cette même substance ;

2° Lorsque la demande porte sur des substances nommément classées dans les carrières, par l'article 4 de la loi du 21 avril 1810.

En conformité d'un avis du conseil d'État, du 16 décembre 1891(*), relatif au phosphate de chaux, on devrait agir de même pour les substances sur lesquelles le droit de disposition des propriétaires superficiaires est certain, encore qu'elles ne soient pas explicitement mentionnées à ce titre dans la loi du 21 avril 1810.

Dans l'un et l'autre de ces deux cas, sur les propositions de l'ingénieur en chef, saisi par la communication de la demande que vous aurez toujours à lui faire, vous informerez le requérant, en lui indiquant les motifs, qu'il ne peut être donné aucune suite à la pétition.

Annexes de la demande. — 7. — La demande en concession doit être accompagnée d'un plan et de justifications financières.

Plan. — 8. — Le plan doit être établi en triple expédition à l'échelle de $\frac{1}{10.000}$ (loi du 21 avril 1810, art. 30), dans de bonnes conditions de solidité et présenter une marge suffisante pour contenir l'indication du périmètre demandé, de celui qui pourra être proposé et de celui qui pourra être accordé.

Le plan doit être orienté à la manière des cartes géographiques, c'est-à-dire le nord vrai au haut de la feuille et la ligne méridienne parallèle à l'un des côtés latéraux.

Il doit indiquer d'une manière très nette les sommets du périmètre, ses limites, les points géographiques qui servent à les

(*) Volume de 1891, p. 420.

définir et les limites des communes sur lesquelles s'étend ce périmètre.

Il doit être signé du demandeur.

Quatre expéditions, au lieu de trois, sont exigibles lorsqu'il s'agit d'une demande en concession de mines de sel, ou en concession de sources et puits d'eau salée.

Dans ce dernier cas, le plan est à l'échelle de 0m,005 pour 10 mètres, il indique l'emplacement de la source ou du puits et sa situation par rapport aux habitations, routes et chemins (art. 7 de l'ordonnance du 7 mars 1841).

Le plan, comme il sera dit plus loin, doit être vérifié au cours de l'instruction par l'ingénieur des mines et, avant l'envoi du dossier au ministre, certifié par le préfet.

Justifications financières. — 9. — Le demandeur doit produire les justifications des facultés pécuniaires exigées par l'article 14 de la loi du 21 avril 1810.

L'usage s'est établi de fournir ces justifications sous la forme d'extraits de rôles des contributions directes. Mais tout autre mode de preuve peut être admis, par exemple la production d'un acte de notoriété.

Rédaction du projet d'affiche. — 10. — La demande et ses annexes, reçues à la préfecture, sont, après inscription sur le registre particulier (n° 2), immédiatement communiquées à l'ingénieur en chef des mines, en vue de la rédaction du projet d'affiche.

Ce fonctionnaire examine si les pièces réglementaires, produites par le demandeur, remplissent bien les conditions nécessaires et notamment :

1° S'il y a parfaite coïncidence entre les indications de la pétition et celles du plan ;

2° Dans le cas où le périmètre demandé est limitrophe d'un périmètre déjà concédé, si la définition de la limite commune est bien exactement celle qui a été antérieurement donnée dans les actes de concession intervenus.

S'il relève quelques irrégularités ou quelques inexactitudes, il renvoie les pièces au demandeur, avec les instructions nécessaires pour leur régularisation.

Lorsque le dossier est en état, l'ingénieur en chef rédige sans retard le projet d'affiche, en s'inspirant exactement du modèle *Annexe n° 2* et tenant compte des diverses observations consi-

gnées pour instruction à la suite de ce modèle en ce qui concerne la date de la pétition, les indications à fournir sur le demandeur, le cas de réunion des mines de même nature, etc.

Le projet d'affiche est ensuite envoyé en double expédition par l'ingénieur en chef au ministre, avec la demande et une des expéditions du plan.

Le ministre fait connaître ses observations à l'ingénieur en chef, qui modifie, le cas échéant, son projet en conséquence, et l'adresse à la préfecture pour l'impression.

Une épreuve des affiches doit être communiquée, *avant le tirage*, à l'ingénieur en chef, qui doit la revoir et, au besoin, la corriger.

L'impression des affiches a lieu par les soins des préfets ; elle est effectuée sur papier blanc et dans un format suffisamment grand ; l'affiche est dispensée de la formalité du timbre (Lettre de M. le ministre des finances du 9 avril 1898).

Les affiches sont ensuite envoyées aux maires pour qu'il soit procédé à l'enquête.

Quelques-unes sont remises à l'ingénieur en chef, qui en adresse deux exemplaires à l'administration centrale, afin que celle-ci soit avisée de la date de l'arrêté prescrivant l'enquête et puisse en même temps se rendre compte de la correction des placards.

Vous remarquerez que le nouveau modèle, comme on l'avait déjà fait pour celui des demandes en renonciation annexé à la circulaire du 5 juin 1891, fixe explicitement les dates de l'enquête, qui doivent être les mêmes pour toutes les communes, d'où la nécessité que les placards soient envoyés assez à temps pour qu'on soit certain de leur pose partout, le jour prescrit pour l'ouverture de l'enquête, et l'opportunité de rappeler cette obligation aux maires par *un nota*, qu'il convient donc d'imprimer en cartouche sur les affiches, ainsi que l'indique le modèle n° 2.

Enquête. — 11. — Aux termes de la loi du 27 juillet 1880 (et pour les concessions de sources et puits d'eau salée, aux termes de l'ordonnance du 7 mars 1841, art. 8), l'enquête doit durer deux mois. Les affiches sont apposées et les publications effectuées :

1° Dans les communes sur lesquelles porte le périmètre de la concession sollicitée ;

2° Aux chefs-lieux de l'arrondissement correspondant et du département ;

3° Au lieu du domicile du demandeur (ou du siège de la société), étant bien entendu qu'il s'agit, pour les particuliers, du domicile réel (si ce domicile est situé en France), et non pas du domicile élu, où la personne de l'intéressé pourrait être complètement inconnue ;

4° Dans les communes sur lesquelles portent les concessions de même nature que la concession sollicitée, déjà possédées par le demandeur, dans les chefs-lieux d'arrondissement et de département correspondants.

Les certificats à délivrer par les maires doivent être exactement libellés dans la forme du modèle de l'*Annexe n° 2* ; ce modèle doit, d'ailleurs, être régulièrement reproduit à la fin des affiches.

12. — L'avis au public (retranchement fait, toutefois, dudit modèle) est l'objet de deux insertions à un mois d'intervalle :

1° Dans un journal du département où se trouve la concession sollicitée et dans un journal de chacun des départements où se trouveraient des concessions de même nature que cette dernière possédées par le demandeur ;

2° Dans le *Journal officiel*.

Il suffit que les affiches soient insérées dans *un seul* journal de chaque département; parfois ces insertions ont été faites dans un nombre de journaux très multiplié ; cette manière de procéder occasionne au demandeur des frais inutiles.

Les numéros de journaux produits doivent porter la signature *légalisée* de l'imprimeur, ou du directeur, ou du gérant.

Le soin des insertions peut être laissé aux intéressés; si le préfet, qui, en principe, n'a qu'à veiller à leur accomplissement, préfère s'en occuper, il peut faire verser au préalable, par le demandeur, une somme suffisante, pour se couvrir des frais d'insertion, comme en général de tous les frais qu'occasionnera l'enquête.

13. — A l'expiration de l'enquête, le préfet en réunit les pièces et transmet tout le dossier à l'ingénieur en chef des mines. L'absence de quelques certificats ou journaux ne doit pas empêcher cette transmission, le service des mines pouvant toujours procéder à l'examen de l'affaire, en attendant que le dossier soit complété.

Oppositions. — Demandes en concurrence. — 14. — Aux termes de l'article 26 de la loi des 21 avril 1810-27 juillet 1880, les oppo-

sitions sont admissibles devant le préfet jusqu'au dernier jour du deuxième mois à compter de la date de l'affichage qui, ainsi qu'il a été expliqué au n° 10, doit coïncider avec la date de l'ouverture de l'enquête, que vous aurez fixée par votre arrêté en forme d'avis.

Les oppositions ou demandes concurrentes doivent être notifiées à la préfecture par acte extra-judiciaire ; elles y sont enregistrées sur le registre spécial de l'annexe n° 1. Pour la notification aux demandeurs, aucune forme spéciale n'est requise par la loi ; il suffit qu'il existe une preuve matérielle qu'ils en ont eu connaissance certaine ; dans ces conditions, une notification par voie administrative serait admissible, et, dans certains départements, on a parfois procédé de la sorte ; mais un tel mode de notification, encore qu'il donne satisfaction à la loi, ne doit pas être pratiqué ; l'administration ne doit pas, en effet, se substituer à des opposants pour remplir une formalité qui leur incombe ; en l'accomplissant, elle assumerait une certaine responsabilité qui ne saurait lui appartenir. Il convient de se borner à appeler, le cas échéant, l'attention des opposants sur la nécessité d'une notification régulière à laquelle ils auront à pourvoir.

15. — Les demandes concurrentes peuvent présenter une particularité qu'il importe de signaler.

Lorsqu'une demande concurrente, produite au cours de l'enquête de la demande principale, comprend les substances portées dans celle-ci et s'étend soit sur le même périmètre, soit sur un périmètre entièrement compris dans celui de la demande principale, ladite demande concurrente n'a pas, en général, à subir d'instruction spéciale ; elle se trouve comprise normalement dans l'instruction de la demande principale.

Une enquête spéciale serait toutefois nécessaire dans deux cas :

1° Si l'administration jugeait utile, lors de l'examen du dossier, de provoquer une recherche particulière sur la personnalité des demandeurs concurrents ;

2° S'il y avait entre les deux demandes ce qu'on peut appeler une simple concurrence *de fait*, mais non une vraie concurrence *légale*.

Tel serait le cas où le demandeur concurrent n'aurait pas appuyé sa demande de notifications en forme régulière et se serait borné à présenter sa pétition dans la forme ordinaire des demandes en concession. Tel serait encore le cas où la demande concurrente viserait l'extension d'une concession existante ; car

alors il s'agit, non plus simplement d'une demande de concession, mais bien d'une demande de modification d'une propriété minière constituée, question d'ordre différent d'une simple demande de concession, et par conséquent ne pouvant constituer une concurrence *légale* avec une demande en concession ordinaire.

16. — Lorsqu'une demande concurrente porte sur certains terrains ou certaines substances non visées par la demande principale, elle motive alors, à ce titre, une enquête spéciale qui, d'ailleurs, ne peut retarder en principe l'instruction de la première demande ; c'est un point sur lequel on doit tout spécialement appeler l'attention des concurrents, avant de les laisser s'engager dans les frais d'une enquête qui ne saurait avoir pour effet d'ajourner la solution à intervenir sur la première demande présentée.

17. — Aux termes de l'article 28 de la loi du 21 avril 1810, les oppositions — et, par une extension constamment acceptée, les demandes concurrentes — sont admissibles devant le ministre des travaux publics ou le secrétaire général du conseil d'État, jusqu'à ce qu'un décret intervienne sur la demande principale. Aucune forme n'est prescrite pour les oppositions formées devant le ministre; devant le conseil d'État, le ministère d'un avocat au conseil est nécessaire. Dans l'un et l'autre cas elles ne peuvent être recevables que si elles ont été notifiées au demandeur principal (Loi du 21 avril 1810, art. 28, § 3), le soin de cette notification et de sa preuve incombant entièrement à l'opposant.

De telles oppositions ou demandes concurrentes tardives sont, en général, lorsque l'administration centrale n'est pas en possession du dossier de la demande principale, renvoyées dans le département. Le préfet peut aussi en recevoir après le délai d'affichage. Le préfet renvoie ou transmet séparément au ministre ces réclamations tardives, accompagnées d'un arrêté constatant les motifs pour lesquels elles n'ont pas été comprises dans l'instruction de la demande principale, et son avis sur leur mérite, en y joignant un rapport sommaire, qu'il devra provoquer du service des mines.

En principe, les oppositions ou demandes en concurrence tardives ne doivent pas être comprises dans l'instruction de la demande principale qu'elles ne doivent pas pouvoir retarder. En réalité, l'administration en tient tel compte qu'elle croit devoir

le faire, dans la solution à donner à cette demande principale.

Si elle était portée à accueillir, de préférence, la demande en concurrence tardive, elle ne pourrait toutefois l'admettre, contrairement à ce qui a lieu pour une demande en concurrence présentée dans les délais de l'enquête locale, sans qu'il fût procédé à une instruction spéciale, sur dossier complet, de ladite demande en concurrence, quand bien même celle-ci porterait sur le même périmètre et les mêmes substances que la demande principale.

L'administration ne pourrait donc que rejeter la première demande, pour attendre la présentation régulière de la demande en concurrence, par dossier spécial et complet.

A toute époque, une pareille demande peut d'ailleurs se produire sous cette forme et doit faire l'objet d'une instruction particulière, sans que l'administration soit tenue de retarder l'instruction de la première demande pour y joindre celle de la demande postérieure.

Examen par les ingénieurs. — 18. — Le service des mines, une fois saisi du dossier d'une demande en concession, procède à l'examen de ce dossier; les ingénieurs visitent les lieux et rédigent leurs rapports; l'ingénieur ordinaire doit avoir soin de vérifier les plans et de le mentionner sur ces plans; l'ingénieur en chef y appose aussi son visa.

Si quelques pièces manquent encore au dossier, lorsque l'examen de l'affaire est sur le point d'être terminé, les ingénieurs assignent pour leur production un court délai, passé lequel ils arrêtent leurs conclusions en l'état et envoient le dossier à la préfecture.

Les ingénieurs, tout en jugeant les travaux faits et les résultats obtenus intéressants, peuvent ne pas les trouver suffisants pour motiver l'institution immédiate d'une concession. En pareil cas, ils ont à provoquer, de la part des intéressés, la production d'une demande de sursis, et, en formulant leurs conclusions tant sur cette demande que, le cas échéant, sur le fond même de l'affaire, ils envoient le dossier à la préfecture; l'administration supérieure sera, de la sorte, appelée à statuer sur la question de sursis, lorsque le préfet l'aura saisie du dossier.

19. — Lorsque les ingénieurs concluent à l'institution d'une concession, ils doivent rédiger, en vue de cette institution, des projets d'actes conformes au modèle en vigueur (modèle annexé

à la circulaire du 9 octobre 1882) (*). Cette obligation dérive, pour les ingénieurs, des articles 24 et 33 du décret du 18 novembre 1810. Elle doit, d'ailleurs, être étendue aux projets de tous les actes qui peuvent intervenir en matière de mines (rejets, réunions, etc.).

Les projets d'actes de concession et de cahier des charges à y annexer doivent être présentés sur les modèles imprimés dont chaque ingénieur en chef doit munir son service, en les demandant en temps opportun à l'administration centrale (division des mines).

Je rappelle qu'il existe deux types d'imprimés pour cahiers des charges : l'un relatif aux mines de sel ou sources d'eau salée, l'autre s'appliquant à toutes autres substances.

20. — Les ingénieurs ne doivent adopter, pour sommets de périmètre par eux proposés pour une concession, que des points pour lesquels ils auraient l'assurance que le bornage sera ultérieurement possible ; il arrive parfois qu'on se heurte, pour les opérations d'abornement, à des difficultés résultant d'un choix malheureux des sommets, et qui ont pour effet de laisser planer l'indécision sur la position des limites de la concession.

21. — Lorsque la concession demandée est située dans la zone frontière, les ingénieurs le rappellent explicitement dans les conclusions de leur rapport ; ils rappellent aussi la nationalité du pétitionnaire, dont ils auront dû, d'ailleurs, s'assurer au cours de l'enquête.

22. — Enfin, si le pétitionnaire détient déjà des concessions de même nature que la concession sollicitée, les ingénieurs traitent la question de réunion desdites concessions avec celle-ci.

Examen par le préfet. — 23. — Le préfet, lorsque les ingénieurs lui ont renvoyé le dossier, l'examine à son tour, émet son avis sur l'affaire en forme d'arrêté et transmet le tout au ministère, après avoir *certifié* les plans. Cette certification n'a pas d'autre but et ne doit pas avoir d'autre effet que d'établir que les plans ainsi certifiés sont bien ceux qui ont figuré dans l'enquête.

Il ne manque pas de donner aussi, le cas échéant, son avis sur les questions connexes de réunion qui peuvent se présenter.

(*) Volume de 1882, p. 273.

II. — Demandes intéressant deux ou plusieurs départements situés dans le même arrondissement minéralogique.

24. — Lorsqu'une demande intéresse deux ou plusieurs départements situés dans le même arrondissement minéralogique, elle est fournie en autant d'exemplaires qu'il y a de départements. L'ingénieur en chef envoie son projet d'affiche à chacun des préfets avec un modèle d'arrêté spécial à son département; un seul de ces arrêtés doit prévoir l'insertion des affiches au *Journal officiel*.

Pour l'enquête, on dépose à la préfecture de chaque département un exemplaire de la pétition et une expédition du plan et, en outre, à la préfecture du département le plus spécialement intéressé, les autres annexes de la pétition.

A l'expiration des délais d'enquête, chaque préfet saisit l'ingénieur en chef du dossier concernant son département.

Les ingénieurs des mines fournissent un rapport, pour chacun des départements, au préfet compétent, et celui-ci fait parvenir le dossier à l'administration centrale avec son avis.

III. — Demandes intéressant des départements situés dans plusieurs arrondissements minéralogiques.

25. — Lorsqu'une demande intéresse des départements situés dans plusieurs arrondissements minéralogiques, les ingénieurs en chef, dès qu'ils sont saisis, par les préfets des départements situés dans leur arrondissement, des dossiers y relatifs, s'entendent entre eux pour la rédaction d'un projet d'affiche, dans les termes indiqués ci-dessus, à moins que l'administration centrale, comme cela a eu lieu en quelques circonstances, ne se réserve d'en arrêter la rédaction.

Pour tout le reste, la procédure à suivre est la même que dans le cas précédent.

IV. — Demandes d'extension, de fusion, de réunion, de renonciation.

Demandes d'extension. — 26. — Ces demandes présentent deux cas :

Extension à d'autres limites. — La demande doit, autant que possible, contenir, en ce qui concerne les terrains compris dans l'extension sollicitée, l'offre d'une redevance tréfoncière égale à celle dont sont affectés les terrains déjà concédés. L'attention des pétitionnaires doit, le cas échéant, être attirée sur ce point.

Le projet d'affiche indique et les limites de l'extension sollicitée et celles de la concession à résulter de cette extension.

L'enquête a lieu dans les communes sur lesquelles portent lesdites concession et extension.

2° *Extension à d'autres substances.* — Il importe de veiller à ce que la pétition contienne, pour la concession de la nouvelle substance, l'offre d'une redevance tréfoncière particulière, qui viendra s'ajouter à celle déjà payée pour la concession de la substance primitive.

Lors de l'examen de l'affaire, les ingénieurs ont, dans tous les cas, à étudier s'il convient ou bien de ne déroger en rien aux clauses du décret qui a institué la concession primitive et de les rendre applicables à l'extension, ou bien s'il est préférable de libeller un acte de concession entièrement nouveau.

Demandes de fusion. — 27. — Il est nécessaire de produire, à l'appui de ces demandes, des plans de surface, les titres justifiant de la propriété des concessions à fusionner et un état régulier des inscriptions hypothécaires fourni par le conservateur des hypothèques. La production de ces pièces est faite au moment de l'affichage ou, en cas d'empêchement, au cours de l'examen de l'affaire.

L'affiche peut se borner à mentionner les noms des concessions à fusionner avec leurs dates d'institution, leurs superficies, les communes, arrondissements et départements où elles sont situées.

L'enquête est effectuée dans les chefs-lieux de ces différentes circonscriptions.

Les insertions de l'avis au public ont lieu, en outre du *Journal officiel*, dans un journal de chacun des départements intéressés.

L'autorisation de fusion peut être subordonnée à l'imposition d'un nouveau cahier des charges pour les concessions fusionnées.

Demandes de réunion. — 28. — Les demandes de réunion s'instruisent dans les mêmes conditions que les demandes de fusion, sous réserve qu'il est inutile de produire les plans et les certificats d'inscriptions hypothécaires.

Demandes en renonciation. — 29. — La demande doit être accompagnée d'un certificat du conservateur des hypothèques constatant l'absence d'inscriptions ou la mainlevée des inscriptions prises, en ce qui concerne la concession à laquelle il s'agit de renoncer; elle doit également être accompagnée des plans et d'une description des travaux souterrains; il peut être suppléé, le cas échéant, à ces dernières pièces par une déclaration du concessionnaire constatant l'absence de travaux dans la concession. Si, malgré l'existence de travaux, la production desdites pièces se trouve impossible ou très difficile à réaliser, le service des mines doit, dans chaque cas, étudier les moyens d'y suppléer, d'accord avec les intéressés.

L'affiche présente une rédaction spéciale, indiquée à l'*Annexe n° 3*.

L'enquête s'effectue dans les mêmes lieux et conditions que pour l'institution d'une concession.

Demande en réduction. — 30. — La demande en réduction de périmètre s'instruit, au fond, pour la partie qu'on veut abandonner, comme la demande en renonciation totale, avec cette différence que l'affiche ne peut pas être le modèle réduit n° 3, mais l'affiche ordinaire modèle n° 2, dûment appropriée à l'espèce, de manière à faire connaître les limites actuelles et celles auxquelles on demande à réduire la concession.

Demande en division. — 31. — La demande s'instruirait comme pour la réduction.

Publicité des décrets de concession. — 32. — Ces décrets doivent continuer à être publiés et affichés dans les communes sur lesquelles s'étendent la concession accordée (ou la concession qui a fait l'objet d'une renonciation totale ou partielle), ou les concessions réunies ou fusionnées.

On doit tenir cette formalité comme indispensable; car de la date même de son accomplissement part le délai de recours pour excès de pouvoir, et c'est seulement après l'expiration de ce délai que l'on peut être sûr que l'acte intervenu a une valeur définitive. Il importe donc essentiellement de ne pas laisser, par un oubli de ces formalités, courir indéfiniment ce délai au point qu'un acte de concession puisse être éventuellement attaqué plusieurs années après son émission.

Il convient, d'ailleurs, de conserver, aux dossiers des affaires

de mines, la preuve de l'accomplissement de cette publicité des décrets, et, à cet effet, je vous prierai de ne pas manquer à l'avenir, en m'accusant réception des décrets qui vous sont notifiés, de me transmettre les certificats constatant l'affichage et la publication; ces certificats pourront utilement être rédigés sous la forme suivante : « Le maire de la commune de..... certifie que le décret en date du..... portant..... (indication de l'objet du décret)..... a été publié et affiché dans cette commune, aux lieux ordinaires, le..... (date de l'affichage et de la publication).....

Les instructions de la présente circulaire annulent et remplacent celles des circulaires sur le même sujet, des 7 mai 1881, 1er mars 1882, 5 juin 1891 et 7 mars 1898 (*).

Veuillez, je vous prie, m'accuser réception de la présente circulaire dont j'adresse ampliation aux ingénieurs des mines.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
Jules Godin.

(*) Volumes de 1881, p. 277; de 1882, p. 139; de 1891, p. 258; *suprà*, p. 113.

ANNEXE N° 1.

Modèle du registre particulier à tenir dans chaque préfecture, en vertu de l'article 22 de la loi du 21 avril 1810.

NUMÉROS D'ORDRE 1	NATURE DE L'AFFAIRE 2	DÉSIGNATION du REQUÉRANT 3	DÉSIGNATION SOMMAIRE DE L'AFFAIRE 4	RENVOI AUX AUTRES AFFAIRES du registre 5	DÉCISION FINALE 6	OBSERVATIONS 7

INSTRUCTION POUR LA TENUE DU REGISTRE.

Col. 1. — Toutes les affaires s'inscrivent au registre sans distinction entre elles : affaires principales, oppositions ou demandes en concurrence, et par ordre de date.

Col. 2. — Les affaires se distinguent dans cette colonne, pour les affaires principales, par la mention : demande en concession, renonciation, réduction, division, fusion, extension, réunion; pour les oppositions ou demandes en concurrence, par cette désignation, suivant le mot qualifiant l'affaire principale.

Col. 3. — On y reproduit d'après la pétition les nom, prénoms, qualité, domicile et nationalité du demandeur.

Col. 4. — On y résume très sommairement l'affaire.

Col. 5. — On y rappelle les numéros de la colonne 1 de toutes les affaires auxquelles le numéro en question se rapporte.

Col. 6. — Mention y est faite de la date du décret qui a statué et de la nature de la solution donnée : rejet, institution, etc.

ANNEXE N° 2.

Modèle de projet d'affiche pour une demande en concession de mines.

PRÉFECTURE D

NOTA. — M. le [...]aire est spécialement invité à veiller [à] ce que la pose des [af]fiches ait lieu avant [le] jour indiqué pour [l']ouverture de l'enquête.

AVIS.

Demande en concession de mines.

Par une pétition, en date du (*)
M. (**) , domicilié à (***) , sollicite une concession de mines d
sur le territoire d commune d , arrondissement d

(*) On ne doit jamais omettre d'indiquer la date originaire de la pétition, en ayant soin, si elle a dû être régularisée sur la demande de l'administration, d'ajouter : *Par une pétition en date du* , *régularisée à la date du* .

(**) Si le demandeur agit isolément, indiquer ici ses nom, prénoms et qualité, en mentionnant, s'il est étranger, sa nationalité en la forme suivante : « *Sujet* ».

Si plusieurs demandeurs agissent en nom, sans former de société régulièrement constituée, donner pour chacun des demandeurs les mêmes indications que pour un demandeur agissant isolément, en signalant en plus, s'il y a lieu, celui d'entre eux qu'ils ont muni de pouvoirs suffisants pour les représenter tous.

Si la demande émane d'une société, en donner l'appellation, le siège social, en indiquant le ou les représentants qui agissent pour elle dans la demande.

(***) Ou : *faisant élection de domicile à* , pour une personne domiciliée à l'étranger.

Cette concession serait limitée ainsi qu'il suit :

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de kilomètres carrés, hectares.

(*) et (**).

Le pétitionnaire offre aux propriétaires des terrains compris dans la concession demandée une redevance tréfoncière annuelle de

A la demande est annexé un plan, en triple expédition et sur une échelle de 10 millimètres pour 100 mètres, de la concession sollicitée.

Le préfet du département d

Vu la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880,

Arrête :

Le présent avis sera affiché pendant deux mois, du au , à

Il sera pendant la durée de l'enquête légale inséré, deux fois, et à un mois d'intervalle, dans les journaux du département et dans le *Journal officiel*.

(***) Il sera, en outre, adressé au préfet d qui est prié de le faire également afficher, pendant le même délai, à , où est situé le domicile du pétitionnaire.

Il sera publié, dans les communes ci-dessus désignées, devant

---

(*) Si la demande fait concurrence à une demande en concession de substance de même nature déjà présentée, le mentionner dans un paragraphe additionnel.

(**) Si une ou plusieurs concessions de même nature sont détenues par le demandeur, le mentionner dans un autre paragraphe additionnel, en indiquant les noms de ces concessions, les dates de leur institution, leur étendue, les communes sur lesquelles elles portent, ainsi que les chefs-lieux d'arrondissements et de départements correspondants.

(***) Ce paragraphe est applicable au cas où le domicile du pétitionnaire (ou le siège de la société) et la mine se sont pas situés dans le même département.

la porte de la maison commune et de église , à la diligence des maires, à l'issue de l'office, un jour de dimanche, au moins une fois par mois pendant la durée des affiches.

La pétition et les plans sont déposés à la préfecture, où le public pourra en prendre connaissance pendant la durée de l'enquête, en vue des oppositions et des demandes en concurrence auxquelles la demande actuelle pourrait donner lieu.

A , le
Le Préfet,

CERTIFICAT D'AFFICHE ET DE PUBLICATIONS.

Le maire de la commune de certifie :

1° Avoir fait afficher le présent avis, pendant deux mois consécutifs, du au ;

2° L'avoir fait publier, tant à la porte de la mairie qu'à celle d église , à l'issue de l'office, les dimanches .

Le 189 .

ANNEXE N° 3.

Modèle de projet d'affiche pour une demande en renonciation à une concession de mines.

PRÉFECTURE D

NOTA. — M. le maire est spécialement invité à veiller à ce que la pose des affiches ait lieu avant le jour indiqué pour l'ouverture de l'enquête.

AVIS.

Demande en renonciation à une concession de mines.

Par une pétition en date du
M. (nom, prénoms et qualité), domicilié à , demande à renoncer à la concession des mines d
instituée par (ordonnance ou décret du) et portant sur les communes d , arrondissement d , département d .

Le public pourra prendre connaissance de la pétition, du titre institutif, des plans superficiels et souterrains et autres pièces annexées à la préfecture, pendant la durée de l'enquête légale, qui aura lieu du au .

A , le
Le Préfet,

CERTIFICAT D'AFFICHE ET DE PUBLICATIONS.

Le maire de la commune d certifie :

1° Avoir fait afficher le présent avis pendant deux mois consécutifs, du au ;

2° L'avoir fait publier, tant à la porte de la mairie qu'à celle d église , à l'issue de l'office, les dimanches

Le 189 .

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

PROMOTIONS.

Décret du 25 *octobre* 1898. — M. **Vicaire**, Inspecteur général de 2e classe, est nommé Inspecteur général de 1re classe, pour prendre rang à dater du 1er novembre 1898.

Décret du 25 *octobre*. — M. **Delafond**, Ingénieur en Chef de 1re classe, est nommé Inspecteur général de 2e classe, pour prendre rang à dater du 1er novembre 1898.

SERVICES DÉTACHÉS.

Arrêté du 3 *octobre* 1898. — M. **Jordan** (Paul), Ingénieur ordinaire de 3e classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Rodez, est mis à la disposition du Gouvernement tunisien pour être employé au service des Travaux publics de la Régence.

Il sera considéré comme étant en service détaché.

RETRAITE.

	Date d'exécution
M. **Orsel**, Inspecteur général de 1re classe.....	24 oct. 1898

M. **Orsel** conserve la Vice-Présidence du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer jusqu'au 31 décembre 1898.

DÉCISIONS DIVERSES.

Décision du 28 *juin* 1898. — Sont admis à la 1re classe les Élèves-Ingénieurs de 2e classe dont les noms suivent :

MM. **Bachellery**,
de Ruffi de Pontevez Gévaudan,
Étienne.

Sont admis à la 2e classe les Élèves-Ingénieurs de 3e classe dont les noms suivent :

MM. **de Nanteuil de la Norville,**
Pelnard,
Dutilleul.

Décision du 8 *octobre.* — M. **Genreau,** Ingénieur en Chef de 1re classe, à Clermont-Ferrand, est chargé, en outre, de l'intérim du sous-arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand, jusqu'à la désignation du successeur de M. l'Ingénieur **Jouguet** (*).

Décision du 12 *octobre.* — M. **Bernheim,** Ingénieur ordinaire de 2e classe, à Paris, est chargé, en outre, de l'intérim du 2e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest, jusqu'à la désignation du successeur de M. l'Ingénieur **Pourcel** (**).

Arrêté du 14 *octobre.* — M. **Lodin,** Ingénieur en Chef de 1re classe à Paris, est chargé du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest.

M. **Lodin** conserve d'ailleurs ses fonctions de Professeur à l'École nationale supérieure des Mines.

Arrêté du 31 *octobre.* — M. **Walckenaer,** Ingénieur en chef de 2e classe à Paris, est relevé, sur sa demande, des fonctions de Professeur adjoint intérimaire du cours d'électricité industrielle à l'École nationale supérieure des Mines.

L'emploi de Professeur adjoint ci-dessus désigné est supprimé.

II. — Contrôleurs des mines.

NOMINATIONS.

15 *octobre* 1898. — M. **Baulard** (Charles), candidat déclaré admissible au Concours de 1897 (n° 6), est nommé Contrôleur de

---

(*) Voir *suprà*, p. 410.
(**) Voir *suprà*. p. 409.

4e classe et attaché, dans le département du Finistère, à la résidence de Brest, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Nantes et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest.

CONGÉ.

15 *octobre* 1898. — Un congé de six mois, sans traitement, est accordé, pour affaires personnelles, à M. **Gauthier**, Contrôleur de 3e classe, en congé illimité à Sotiel-Coronada (Espagne).

CONGÉ ILLIMITÉ.

15 *octobre* 1898. — M. **Maillon**, Contrôleur de 1re classe, en congé pour affaires personnelles est mis, sur sa demande, en congé illimité et autorisé à occuper l'emploi d'Ingénieur-Directeur des travaux de la concession des mines d'anthracite de Saint-Barthélemy-de-Séchilienne (Isère).

15 *octobre*. — M. **Coret**, Contrôleur de 1re classe attaché, dans le département de la Loire-Inférieure, au service du sous-arrondissement minéralogique de Nantes, est mis, sur sa demande, en congé illimité et autorisé à accepter les fonctions de Directeur de la Compagnie des grandes ardoisières angevines, à la résidence de Pouancé (Maine-et-Loire).

DÉCISIONS DIVERSES.

15 *octobre* 1898. — M. **Bolo**, Contrôleur de 2e classe attaché, dans le département du Finistère, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Nantes et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest, passe dans le département de la Loire-Inférieure, à la résidence de Nantes, au service du sous-arrondissement minéralogique de Nantes.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Décision du 1er octobre 1898. — Le service du Contrôle de l'exploitation du raccordement direct, à Pons, des lignes de Bordeaux et de Royan (réseau de l'État) est rattaché, savoir :

1° Pour le Contrôle de la voie et des bâtiments :
Au 3e arrondissement d'Ingénieur ordinaire à Bordeaux ;

2° Pour le Contrôle de l'exploitation technique :
Au 3e arrondissement d'Ingénieur ordinaire à Bordeaux ;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale :
A la 2e circonscription d'Inspecteur particulier à Tours ;

4° Pour la surveillance administrative :
Au Commissariat de Saintes.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES, CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 1er novembre 1898, portant nomination de M. Camille KRANTZ, *député, comme ministre des travaux publics, en remplacement de M.* GODIN.

Décret du Président de la République, du 26 novembre 1898, acceptant la renonciation à la concession des mines de houille de LAYON-ET-LOIRE (Maine-et-Loire).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu la pétition présentée, le 30 novembre 1896, par MM. Larivière et Bordeaux-Montrieux, administrateurs délégués de la Société civile des mines de Layon-et-Loire, à l'effet d'être autorisés à renoncer à la concession des mines de houille, dites de Layon-et-Loire, département de Maine-et-Loire;

Le certificat du conservateur des hypothèques, et les autres pièces, produits à l'appui de cette pétition;

L'avis au public du 18 mars 1897;

Les numéros du journal « *le Petit Patriote de l'Ouest* », des 28 avril et 28 mai 1897, et du *Journal officiel*, des 2 mai et 2 juin 1897, dans lesquels ledit avis a été inséré; ensemble les certificats d'affiche et de publications;

Les rapport et avis des ingénieurs des mines, des 1er-13 juillet 1898 et les pièces y annexées;

L'avis du préfet, du 16 juillet 1898;

L'avis du conseil général des mines, du 14 octobre 1898;

Vu la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880;

Le décret du 6 mai 1811;

Le décret du 25 prairial an XIII, portant institution de la concession de Layon-et-Loire ;

Le conseil d'État entendu,

Décrète :

Art. 1er. — Est acceptée la renonciation de MM. Larivière et Bordeaux-Montrieux, administrateurs délégués de la Société civile des mines de Layon-et-Loire, à la concession des mines de houille, dites de Layon-et-Loire, instituée, par décret du 25 prairial an XIII, sur le territoire des communes de Chalonnes-sur-Loire, Chaudefonds, Rochefort-sur-Loire, Saint-Aubin-de-Luigné et Beaulieu, département de Maine-et-Loire.

Art. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré, par extrait, au *Bulletin des Lois.*

Fait à Paris, le 26 novembre 1898.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,

C. KRANTZ.

Décret du Président de la République, du 30 *novembre* 1898, *portant institution de la concession des mines de plomb, argent et autres métaux connexes d'*ALLENC (Lozère).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — Il est fait concession à la Société métallurgique et minière des Cévennes des mines de plomb, argent et autres métaux connexes comprises dans les limites ci-après définies, communes d'Allenc, Chadenet et Pelouse, arrondissement de Mende, département de la Lozère.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Allenc*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par une ligne droite joignant le clocher de Pelouse, point A du plan, au point B, angle sud-ouest de la maison Maurin, du hameau de Laprade, inscrite au cadastre de la commune d'Allenc, sous le n° 329, section O (1re feuille) ;

A l'*est*, par deux lignes droites tirées, la première du point B ci-dessus désigné, au point C du plan, angle nord-ouest de la maison d'école du hameau de l'Arzalier; la deuxième du point C ci-dessus désigné, au point D du plan, angle nord-ouest de la maison d'école du hameau de Mazas ;

Au *sud*, par une ligne droite joignant le point D au point F, angle sud-est de la maison Maurin Étienne, du hameau des Sadelles, inscrite au cadastre de la commune d'Allenc, sous le n° 1 de la section L;

Et à l'*ouest*, par une ligne droite joignant le point F ci-dessus défini au point A de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de vingt kilomètres carrés, soixante-quatre hectares ($20^{kmq}\ 64^{ha}$).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger aux minerais de plomb, argent et autres métaux connexes qui peuvent exister dans l'étendue de la concession d'Allenc.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit à la société concessionnaire des mines d'Allenc, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 5. — La société concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 6. — Si la société concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*).

Art. 7. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais de la société concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 8. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

(*) Conforme à l'article 6 du décret du 8 février 1898, instituant la concession de La Fare (Voir *suprà*, p. 42).

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION D'ALLENC,

Conforme au cahier des charges de la concession de La Fare (Voir *suprà*, p. 43).

Art. 1er. — *Délai d'abornement :* Un an.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau :* 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer :* 10 mètres.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

CHEMINS DE FER. — BOÎTES ET APPAREILS DE SECOURS. — ARTICLE 75 DE L'ORDONNANCE DU 15 NOVEMBRE 1846.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 22 novembre 1898.

Messieurs, mon administration a prescrit une enquête sur les changements qu'il pourrait y avoir à apporter aux boîtes de secours et aux caisses à amputation pour en mettre la composition en rapport avec les progrès de la thérapeutique et de la chirurgie modernes.

Après avoir pris l'avis des médecins en chef attachés à leurs réseaux, les compagnies et la direction du réseau de l'État ont présenté des propositions qui comportent, avec différentes modifications dans la composition des boîtes de secours, la suppression de la caisse à amputation ; cette dernière mesure est motivée par le fait que les opérations ne sont plus pratiquées, aujourd'hui, que dans des locaux remplissant toutes les conditions de l'antiseptie.

Sur les rapports des divers services de contrôle et du comité de l'exploitation technique, j'ai approuvé ces propositions avec ce double correctif :

Que certains articles de peu de valeur, mais d'une réelle utilité, tels que cuiller à café en bois, lancette, brosses à ongles, savon et appareils de lavage, seraient obligatoirement et non facultativement placés dans les boîtes de secours et au besoin dans une boîte supplémentaire ;

Qu'il serait établi une nomenclature des objets devant composer chacun des paquets individuels de pansements tout préparés.

Il ne m'a pas, d'ailleurs, semblé possible de n'appliquer, comme on le demandait, le nouveau programme qu'aux boîtes neuves et de remplacer seulement, au fur et à mesure de leur épuisement, les objets contenus dans les boîtes existantes. Cette manière de procéder aurait le grave inconvénient de retarder considérablement une amélioration qui présente un caractère particulier d'urgence.

J'ai, en conséquence, décidé que les boîtes de secours des trains et des gares seraient désormais composées comme il est indiqué dans la pièce ci-annexée, et je vous prie de prendre les dispositions nécessaires pour que la transformation des boîtes soit réalisée partout dans un délai de six mois.

Veuillez m'accuser réception de la présente circulaire, laquelle annule et remplace les décisions antérieures concernant la matière.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
C. KRANTZ.

CHEMINS DE FER.

BOITES DE SECOURS.

Annexe à la Circulaire ministérielle du 22 *novembre* 1898.

I

COMPOSITION DE LA BOÎTE A PANSEMENT QUI DOIT ÊTRE PLACÉE DANS LES TRAINS DE VOYAGEURS.

Un flacon de couleur fumée contenant : une solution d'acide phénique et de glycérine à parties égales, — ou une boîte de papier Balme, ou des doses de sublimé en tubes ou comprimés ;

Un flacon d'alcool camphré ;

Un flacon d'éther ou ampoules d'éther ;

Un flacon de laudanum de Sydenham ou d'élixir parégorique ou comprimés;

Un flacon ou tube de vaseline;

Un rouleau de taffetas d'Angleterre ou de sparadrap caoutchouté aseptique;

Un paquet d'ouate hydrophile enveloppé;

Dix paquets individuels assortis de pansements tout préparés (modèle de l'armée) contenant chacun, dans une double enveloppe imperméable:

1° Un plumasseau de charpie de bois au sublimé entouré de gaze au sublimé;

2° Une compresse rectangulaire au sublimé, pliée en huit;

3° Une pièce de tissu imperméable souple;

4° Une bande de tarlatane souple de 4 mètres de long sur 6 centimètres de large;

5° Deux épingles de sûreté.

(Une instruction indiquant le mode d'emploi sera imprimée sur le paquet.)

Des bandes enveloppées;

Des compresses enveloppées;

Une bande hémostatique enveloppée;

Un drap fanon enveloppé;

Deux cardes d'ouate de coton enveloppées;

Trois groupes de trois attelles reliées par des rubans;

Un bassin;

Deux boîtes d'épingles de sûreté;

Fil à ligature en soie stérilisée dans un tube complètement fermé à la lampe;

Une pièce de ruban de fil enveloppée;

5 mètres de gaze simple enveloppés par paquet de 1 mètre;

Une trousse fort simple métallique sans compartiments ni charnières, contenant:

Une paire de ciseaux, trois pinces hémostatiques;

Une instruction sur les premiers soins à donner.

II

COMPOSITION DE LA BOÎTE DE SECOURS POUR LES GARES ET STATIONS DÉSIGNÉES PAR L'ADMINISTRATION SUPÉRIEURE.

Un flacon d'alcool camphré;

Un flacon d'alcool rectifié;

Un flacon d'éther ou ampoules d'éther;

Un flacon de laudanum de Sydenham ou comprimés;

Un flacon de couleur fumée contenant:

Une solution de sublimé au 1/5, soit: {Alcool, 4; Sublimé 1; ou une boîte de papier Balme, ou doses de sublimé en tubes ou comprimés;

Un flacon ou tube de vaseline;

Un rouleau de taffetas d'Angleterre ou de sparadrap caoutchouté aseptique ;

Douze paquets de pansements individuels assortis, conformes au modèle de l'armée (composition semblable à celle des boîtes des trains);

Un paquet d'ouate hydrophile enveloppé;

Des bandes enveloppées;

Des compresses enveloppées;

Deux cardes d'ouate de coton enveloppées;

Un appareil de Scultet;

Deux draps fanon enveloppés;

Deux pelotes de fil à ligature en soie stérilisée dans un tube complètement fermé à la lampe ;

Un gobelet;

Une cuiller à bouche;

Une cuiller à café en bois d'une contenance de 5 centimètres cubes;

Deux boîtes d'épingles de sûreté ;

Trois coussins en balle d'avoine ou de coton;

Dix attelles assorties ;

Deux attelles articulées;

Un bassin ;

Douze lacs avec boucles enveloppés;

Un tourniquet de J.-L. Petit;

Une bande hémostatique enveloppée ;

10 mètres de gaze simple enveloppés par paquets de 1 mètre;

Une seringue à injections hypodermiques;

20 doses de chlorhydrate de morphine de 1 centigramme, en tubes, en paquets ou en comprimés;

Une instruction sur les premiers soins à donner;

Une trousse métallique comprenant:

Un rasoir à manche nickelé;

Deux bistouris à manches nickelés;

Une pince à dissection;

Une paire de ciseaux droits;

Une sonde cannelée;
Une spatule;
Un stylet;
Une lancette;
Six aiguilles à suture;
Deux rouleaux de fil d'argent.
Dans une boîte métallique séparée:
Huit pinces hémostatiques;
Une pince tire-langue.
Dans une enveloppe imperméable séparée:
Une sonde en argent pour homme;
Une sonde en argent pour femme;
Brosses à ongles, savons et appareils de lavage.

Les boîtes de secours des trains et des gares seront recouvertes de gaînes en toile goudronnée avec paillasson en dessous et coins en cuir. Ces boîtes seront fermées aussi hermétiquement que possible.

Sur chacune des boîtes sera inscrit: *tout paquet ouvert est hors d'usage.*

Une instruction nouvelle sera jointe à chacune de ces boîtes.

Arrêté par le Ministre des travaux publics.

Paris, le 22 novembre 1898.

C. KRANTZ.

TUNISIE.

Décret beylical, du 1er septembre 1898 (15 rabia-ettani 1316), portant approbation de la convention de concession de la mine de zinc, plomb et métaux connexes du DJEBEL-HAMERA.

Louanges à Dieu !

Nous ALI-PACHA-BEY, possesseur du royaume de Tunis,

Vu la convention passée le 29 août 1898, entre notre Directeur général des travaux publics et M. de Thier, ingénieur, agissant au nom et pour le compte de la Société anonyme « la Nouvelle Montagne » portant concession à ce dernier de la mine de zinc, plomb et métaux connexes, située au lieu dit Djebel-Hamera, caïdat des Oulad-Ali-Fraichiches, contrôle civil de Thala ; ensemble le cahier des charges et le plan ci-annexés ;

Avons pris le décret suivant :

Art. 1er. — Est approuvée la convention passée le 29 août 1898 entre notre Directeur général des travaux publics et M. de Thier, ingénieur, agissant au nom et pour le compte de la Société anonyme « La Nouvelle Montagne », portant concession à ce dernier de la mine de zinc, plomb et métaux connexes, située au lieu dit Djebel-Hamera, caïdat des Oulad-Ali-Fraichiches, contrôle civil de Thala.

Art. 2. — Notre Directeur général des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Vu pour promulgation et mise à exécution :

Tunis, le 1er septembre 1898.

Le Ministre plénipotentiaire,
délégué à la Résidence générale de la République française,
G. RÉVOIL.

CONVENTION DE CONCESSION

De la mine de zinc, plomb et métaux connexes

DU DJEBEL-HAMERA.

Entre :

M. Boulle, Ingénieur adjoint à M. le Directeur général des travaux publics de la Régence, agissant au nom du gouvernement tunisien en vertu des pouvoirs à lui conférés par le décret du 21 chaoual 1299 et sous la réserve de l'approbation des présentes par S. A. le Bey,

D'une part ;

Et :

M. Pierre de Thier, ingénieur de la Société anonyme de « la Nouvelle Montagne », agissant au nom et pour le compte de cette société, en vertu des pouvoirs à lui conférés par délibération du conseil d'administration en date du 10 juillet 1897,

D'autre part ;

Il a été convenu et stipulé ce qui suit :

Art. 1er. — Il est fait concession en toute propriété à M. de Thier, ès nom, qui accepte, des gisements de zinc, plomb et métaux connexes, situés au lieu dit : Djebel-Hamera, territoire des Ouled-Ali-Fraichiches, contrôle de Thala, dans les limites désignées par l'article ci-après.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom du *Djebel-Hamera*, est délimitée conformément au plan annexé à la présente convention de concession ainsi qu'il suit :

A l'*est* par une ligne droite partant du point S, point géodésique 814 de la carte au $\frac{1}{200.000}$ de la Régence, feuille de Thala et aboutissant au point D, marqué sur le terrain par une borne ;

Au *sud-est*, par une ligne droite partant du point D ci-dessus défini et aboutissant au point E, marqué sur le terrain par une borne ;

Au *sud*, par une ligne droite joignant le point E ci-dessus défini au point F, marqué sur le terrain par une borne, et prolongée au-delà du point F jusqu'à sa rencontre en T avec l'Oued-es-Sfella ;

A l'*ouest* et au *nord*, par le lit de l'Oued-es-Sfella jusqu'à sa rencontre, en U, avec une ligne Nord-Sud, partant du point S ci-dessus défini ;

Au *nord-est*, par une ligne joignant les points S et L' ci-dessus définis;

Lesdites limites renferment une étendue de douze cent cinquante-cinq hectares, trente-trois ares, dix-huit centiares (1255 h. 33 a. 18 c.).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger aux mines de zinc, plomb et métaux connexes qui pourraient exister dans l'étendue de la concession.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits des propriétaires de la surface sur les mines concédées sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare.

Art. 5. — Le concessionnaire se conformera, pour ce qui concerne l'exploitation des mines, aux dispositions du cahier des charges annexé à la présente convention et qui est considéré comme en faisant partie intégrante.

Art. 6. — Le concessionnaire est soumis de plein droit à la juridiction des tribunaux locaux.

Il est soumis à toutes les lois et règlements actuellement en vigueur dans la Régence et à toutes celles ou à tous ceux qui pourraient être édictés dans l'avenir.

Art. 7. — Le concessionnaire devra faire élection de domicile à Tunis et y avoir un représentant accrédité près de l'Administration.

Ce représentant aura qualité pour recevoir toute signification d'huissier et toute citation en justice.

Dans le cas où le concessionnaire n'aurait pas fait élection de domicile et indiqué son représentant, toute notification ou citation à lui adressée sera valable, lorsqu'elle sera faite au secrétariat général du gouvernement tunisien.

Art. 8. — Le concessionnaire ne pourra, sans l'assentiment du gouvernement, céder en tout ou en partie les droits et charges qui résultent pour lui de la présente convention de concession et du cahier des charges y annexé.

Art. 9. — En cas de transmission de la propriété de la concession à une autre personne ou à une société, le ou les nouveaux concessionnaires seront tenus de se conformer exactement aux conditions prescrites par la présente convention et par le cahier des charges y annexé.

Art. 10. — Dans le cas où la concession serait transmise à une

société, celle-ci sera tenue de désigner par une déclaration authentique faite au secrétariat général du gouvernement celui de ses membres ou toute personne à qui elle aura donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre en son nom avec l'autorité administrative et, en général, pour la représenter vis-à-vis de l'administration tant en demandant qu'en défendant.

Elle devra, en outre, justifier qu'il a été pourvu par une convention spéciale à ce que les travaux d'exploitation soient soumis à une direction unique et coordonnés dans un intérêt commun.

Art. 11. — Dans le cas où l'exploitation serait restreinte ou suspendue sans cause reconnue légitime, il sera assigné au concessionnaire un délai de rigueur qui ne pourra excéder six mois.

Faute par le concessionnaire de justifier, dans ce délai, de la reprise d'une exploitation régulière et des moyens de la continuer, le gouvernement de la Régence prononcera, s'il y a lieu, le retrait de la concession et fera procéder à une adjudication publique de la mine.

Nul ne sera admis à concourir à cette adjudication, s'il ne justifie pas des facultés suffisantes pour satisfaire aux conditions imposées par le cahier des charges et s'il n'est agréé par l'administration.

Celui des concurrents qui aura fait l'offre la plus favorable sera déclaré concessionnaire, et le prix de l'adjudication, déduction faite des sommes dues à l'État ou avancées par lui, appartiendra au concessionnaire déchu ou à ses ayants droit.

S'il ne se présente aucun soumissionnaire, la mine restera à la disposition du domaine, libre et franche de toute charge.

Art. 12. — En cas d'inexécution des obligations diverses imposées tant par la présente convention de concession que par le cahier des charges y annexé, le concessionnaire encourra la déchéance, et il sera procédé comme il est dit à l'article précédent.

Art. 13. — Si le concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, il s'adressera, par voie de pétition, au directeur général des travaux publics six mois au moins avant l'époque à laquelle il aurait l'intention d'abandonner les travaux de ses mines.

La renonciation ne sera valable qu'après l'acceptation du gouvernement, ou si, dans le délai de six mois, le gouvernement n'a pas notifié au concessionnaire qu'il refusait son acceptation.

Cette notification sera faite par voie administrative et sans aucune formalité judiciaire ou extra-judiciaire.

Fait en double à Tunis, le 29 août 1898.

Le Directeur des mines de la Société,
fondé de pouvoirs
pour l'Algérie et la Tunisie,
DE THIER.

Pour le Directeur général des travaux publics :
L'Ingénieur-Délégué,
BOULLE.

CAHIER DES CHARGES.

Art. 1er. — Dans le délai de six mois à dater du décret approuvant la concession des gîtes du Djebel-Hamera, il sera planté des bornes sur tous les points servant de limite à cette concession partout où cela sera reconnu nécessaire.

L'opération aura lieu aux frais du concessionnaire, à la diligence de l'administration et en présence d'un agent du service des mines qui en dressera procès-verbal ; une expédition de ce procès-verbal sera remise au concessionnaire ; une autre sera déposée aux archives de la direction générale des travaux publics.

Art. 2. — Dans un délai de six mois à dater du même décret, le concessionnaire adressera à l'administration les plans et coupes des mines et des travaux déjà exécutés. Ces plans seront dressés à l'échelle d'un millimètre par mètre, orientés au nord vrai et divisés en carreaux de 10 en 10 millimètres ; il y joindra un mémoire indiquant avec détails le mode d'exploitation qu'il se propose de suivre.

L'indication de ce mode d'exploitation sera aussi tracée sur ces plans et coupes.

Les cotes de niveau des points principaux, tels que : les orifices des puits ou galeries, les points de jonction des galeries avec les puits et des galeries entre elles, par rapport à un plan horizontal fixe et déterminé, seront inscrites en mètres et centimètres sur les plans.

Le concessionnaire y joindra, sur papier transparent, un plan de surface s'appliquant sur le plan des travaux et figurant la position des maisons ou lieux d'habitation, édifices, voies de communication, eaux minérales, sources alimentant des villes, villages, hameaux et établissements publics, canaux, cours d'eau, etc.

Art. 3. — S'il est reconnu que les travaux projetés sont de nature à compromettre la sécurité publique, la conservation de la mine, la sûreté des ouvriers mineurs, la conservation des voies de communi-

cation, celle des eaux minérales, la solidité des habitations, l'usage des sources qui alimentent des villes, villages, hameaux et établissements publics, l'administration notifiera au concessionnaire son opposition à l'exécution totale ou partielle desdits travaux.

Si l'administration n'a pas fait d'opposition dans le délai de deux mois à partir du jour du dépôt des pièces, il sera passé outre par le concessionnaire à l'exécution des travaux.

Art. 4. — Lorsque le concessionnaire voudra ouvrir un nouveau champ d'exploitation ou établir de nouveaux puits ou galeries partant du jour ou changer le mode d'exploitation précédemment adopté, il devra adresser à l'administration un plan général de la concession, un plan des travaux, un mémoire explicatif et le plan de surface correspondant, le tout dressé conformément à ce qui est prescrit par l'article 2 ci-dessus.

Il sera donné suite à ce projet ainsi qu'il est dit à l'article 3.

Art. 5. — Dans le cas où les travaux projetés par le concessionnaire devraient s'étendre au-dessous ou dans le voisinage immédiat des édifices, maisons ou lieux d'habitations, autres exploitations, voies de communication, sources minérales, sources alimentant des villes, villages, hameaux et établissements publics, sous des canaux et cours d'eau ou à une faible distance de leurs bords, le projet des travaux devra être préalablement soumis à l'administration.

Il y sera donné suite ainsi qu'il est dit à l'article 3.

Art. 6. — Lorsque les travaux d'exploitation seront de nature à occasionner quelques-uns des abus ou dangers prévus à l'article 3 ci-dessus, le concessionnaire sera tenu d'en donner immédiatement avis à l'administration.

Celle-ci, après avoir entendu le concessionnaire, ordonnera telle disposition qu'il appartiendra. Si le concessionnaire n'obtempère pas à la décision de l'administration, il y sera pourvu d'office à ses frais et par les soins des agents du service des mines.

Art. 7. — En cas d'accidents survenus dans la mine concédée, par quelque cause que ce soit, et qui auraient occasionné la mort ou des blessures graves à un ou plusieurs ouvriers, le concessionnaire sera tenu d'en donner aussitôt connaissance à l'administration ; celle-ci prescrira toutes les mesures convenables pour faire cesser le danger et en prévenir les suites et les fera, au besoin, exécuter d'office aux frais du concessionnaire.

Art. 8. — Dans le voisinage des chemins de fer, il est interdit au concessionnaire d'exploiter à toute profondeur, sous une zone de terrain limitée à la surface par deux lignes menées parallèlement aux limites du chemin de fer et de ses dépendances, et à une distance de ces limites qui sera ultérieurement déterminée, s'il n'en a obtenu l'autorisation de l'administration, la compagnie du chemin de fer entendue.

Art. 9. — Chaque année, dans le courant du mois de janvier, le

concessionnaire adressera à l'administration les plans et coupes des travaux exécutés dans le cours de l'année budgétaire précédente. Ces plans, dressés à l'échelle d'un millimètre par mètre, de manière à pouvoir être rattachés aux plans généraux désignés, dans les articles précédents et renfermant toutes les indications mentionnées auxdits articles, seront vérifiés par le service des mines.

Le concessionnaire y joindra, sur un papier transparent, une copie du plan de surface prescrit par les articles 2 et 4 renfermant, avec les modifications qui auraient pu se produire, les indications mentionnées à l'article 2.

Art. 10. — Quand le concessionnaire voudra abandonner une portion des travaux souterrains, il sera tenu d'en faire la déclaration à l'administration et de joindre à cette déclaration un plan des travaux ainsi qu'un plan correspondant de la surface.

Il sera statué par l'administration qui ordonnera, s'il y a lieu, les dispositions de police, de sûreté et de conservation qu'elle estimera nécessaires.

En cas d'inexécution, il sera pourvu d'office à la diligence de l'administration et aux frais du concessionnaire.

Art. 11. — Les ouvertures au jour des puits ou galeries qui deviendront inutiles seront comblés ou bouchés par le concessionnaire suivant le mode qui sera prescrit par l'administration.

En cas d'inexécution, il y sera pourvu d'office à la diligence de l'administration et aux frais du concessionnaire.

Art. 12. — Le concessionnaire tiendra constamment à jour et en ordre sur chaque mine :

1° Les plans et croquis des travaux souterrains dressés à l'échelle d'un millimètre par mètre ;

2° Un registre constatant l'avancement journalier des travaux et les circonstances de l'exploitation dont il sera utile de conserver le souvenir, telles que l'allure des gîtes, leur épaisseur, la quantité de minerai, la nature du toit et du mur, le jaugeage des eaux affluant dans la mine, etc. ;

3° Un registre de contrôle journalier des ouvriers employés aux travaux intérieurs et extérieurs ;

4° Un registre d'extraction et de vente.

Le concessionnaire communiquera ces plans et registres aux agents du service des mines toutes les fois qu'ils lui en feront la demande.

Le concessionnaire transmettra au directeur général des travaux publics, dans la forme et aux époques qui lui seront indiquées, l'état des ouvriers, celui des produits extraits dans le cours de l'année précédente et la déclaration détaillée du produit net imposable de l'exploitation.

Art. 13. — Le concessionnaire sera tenu de fournir au service des mines tous les renseignements statistiques qui lui seraient demandés.

Art. 14. — Si les gîtes à explorer se prolongent hors de la concession,

l'administration pourra ordonner, le concessionnaire entendu, qu'un massif soit réservé intact sur chaque gîte, près de la limite de la concession, pour éviter que les exploitations soient mises en communication avec celles qui auraient lieu dans une concession voisine d'une manière préjudiciable à l'une ou à l'autre mine. L'épaisseur de ces massifs sera déterminée par l'administration qui en ordonnera la réserve.

Les massifs ne pourront être traversés ou entamés par un ouvrage quelconque que dans le cas où l'administration, après avoir entendu le concessionnaire intéressé, aura autorisé cet ouvrage et prescrit le mode suivant lequel il devra être exécuté. Dans le cas où l'utilité de ces massifs aurait cessé, l'administration autorisera le concessionnaire à exploiter la partie qui lui appartiendra.

Art. 15. — Dans le cas où il serait reconnu nécessaire d'exécuter des travaux ayant pour but, soit de mettre en communication les mines de deux concessions pour l'aérage ou l'écoulement des eaux, soit d'ouvrir des voies d'aérage, d'écoulement ou de secours destinées au service de la concession voisine, le concessionnaire sera tenu de souffrir l'exécution de ces travaux et d'y participer dans la proportion de son intérêt.

Ces ouvrages seront ordonnés par l'administration, le concessionnaire entendu.

En cas d'urgence, les travaux pourront être entrepris sur la simple réquisition du chef du service des mines.

Art. 16. — Si des gîtes de minerai autres que les minerais de plomb, zinc et métaux connexes compris dans l'étendue de la concession, deviennent l'objet d'une concession particulière accordée à des tiers, le concessionnaire sera tenu de souffrir les travaux que l'administration reconnaîtrait utiles à l'exploitation desdits minerais et même, si cela est nécessaire, le passage dans ses propres travaux, le tout, s'il y a lieu, moyennant une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou à dire d'experts.

Art. 17. — Le concessionnaire sera tenu d'entretenir sur son établissement, dans la proportion du nombre des ouvriers et de l'importance de l'exploitation, les médicaments et autres moyens de secours nécessaires pour parer à toute éventualité.

Art. 18. — Il sera procédé, à l'égard du concessionnaire ainsi qu'il est dit à l'article 6, s'il négligeait de tenir sur ses exploitations le registre et le plan d'avancement journalier des travaux, s'il n'entretenait pas constamment sur ses établissements les médicaments et autres moyens de secours, s'il n'adressait pas dans les délais fixés les plans prescrits ou s'il présentait des plans qui seraient reconnus inexacts ou incomplets par le service des mines.

Art. 19. — Le concessionnaire sera tenu de payer à l'État une redevance fixe et une redevance proportionnée au produit net de l'extraction.

Les deux redevances seront payées en numéraire.

La redevance fixe sera annuelle et de dix centimes de franc par hectare de terrain compris dans la concession.

La redevance proportionnelle sera de 5 p. 100 (cinq pour cent) du produit net. Elle sera due pour chaque année d'exploitation et réglée pour chaque année budgétaire sur les résultats de l'exploitation pendant l'année précédente, sauf pour la première année où elle sera réglée sur le produit net probable de cette année. Il en sera de même pour l'année de reprise en cas de suspension de l'exploitation pendant plus d'une année.

La préparation mécanique du minerai brut et sa calcination seront considérées, pour l'assiette de la redevance, comme faisant partie de l'exploitation de la mine, mais non les opérations et traitements ayant pour but de convertir le minerai en métal.

Dans les calculs pour la constatation du produit net ne pourront figurer que les frais, soit spéciaux, soit généraux, nécessités par l'exploitation proprement dite.

Dans ces calculs, l'évaluation du produit brut devra être faite d'après les quantités extraites et non d'après les quantités vendues.

Le concessionnaire pourra obtenir de l'administration la transformation de la redevance proportionnelle en une redevance spécifique. Ce mode de redevance sera consenti par période de cinq années.

Le chiffre de la redevance sera arrêté par l'administration, sauf recours à la juridiction administrative, et versé, nonobstant ce recours, dans la quinzaine de la notification au concessionnaire de l'arrêté de liquidation, entre les mains du receveur principal des contributions diverses à Tunis.

Il n'est rien préjugé sur les décimes additionnels qui pourraient être ajoutés à la contribution principale comme impôt spécial aux sociétés.

L'exploitation de la mine ne sera pas sujette à patente.

Art. 20. — Le concessionnaire n'aura pas le droit de faire des sondages, d'ouvrir des puits ou galeries, ni d'établir des machines, ateliers ou magasins, dans les enclos murés, sans le consentement du propriétaire de la surface.

Les puits ou galeries ne peuvent être ouverts dans un rayon de 50 mètres des habitations permanentes en maçonnerie et des terrains compris dans les clôtures murées y attenant, sans le consentement des propriétaires de ces habitations.

Art. 21. — Dans le cas où les travaux d'exploitation devraient s'étendre sur des propriétés particulières, le concessionnaire sera tenu de s'entendre avec les propriétaires du sol.

A défaut d'entente, l'occupation temporaire sera autorisée par arrêté du directeur général des travaux publics, conformément au décret du 10 mai 1893 (*).

Art. 22. — L'État accorde gratuitement au concessionnaire, à l'intérieur des périmètres concédés, la jouissance des terrains domaniaux

(*) Volume de 1893, p. 513.

dont l'occupation serait reconnue, par l'administration, nécessaire à l'exploitation de la mine.

Il est formellement entendu que la superficie de ces terrains reste la propriété de l'État.

Art. 23. — Les canaux et les chemins de fer, les routes nécessaires à la mine et les travaux de secours, tels que puits ou galeries destinés à faciliter l'aérage et l'écoulement des eaux, à exécuter en dehors du périmètre, pourront être déclarés d'utilité publique par décret.

Dans ce cas, les formes à suivre, en ce qui concerne la dépossession des terrains, seront celles prévues par les règlements généraux sur la matière.

Art. 24. — Le concessionnaire fera imprimer à ses frais, sur papier collé format tellière, mesurant, rogné, $0^m,31$ de hauteur sur $0^m,21$ de largeur, cinquante exemplaires de la convention de concession et cinquante exemplaires du cahier des charges.

Ces exemplaires, dûment collationnés sur l'expédition approuvée, devront être remis par le concessionnaire à la direction générale des travaux publics, dans un délai de trente jours à dater de la notification du décret d'approbation de la convention de concession.

A défaut, l'administration pourra faire exécuter ces impressions d'office, aux frais du concessionnaire.

Art. 25. — Pour tout ce qui concerne l'exécution du présent cahier des charges, le concessionnaire sera soumis au contrôle et à la surveillance de l'administration.

Il donnera aux agents du service des mines, chaque fois qu'il en sera requis, tous les moyens et toutes les facilités pour visiter les travaux.

Art. 26. — Le concessionnaire reste civilement responsable des délits qui seraient commis par ses employés, ouvriers, voituriers, gens à gages, dans les forêts existant à l'intérieur des périmètres concédés.

Art. 27. — Le gouvernement se réserve le droit d'user, pour l'exploitation des terrains domaniaux, de tous chemins et sentiers établis par le concessionnaire, pour les besoins de son exploitation.

Art. 28. — Les contestations qui s'élèveraient entre le concessionnaire et l'administration au sujet de l'exécution et de l'interprétation des clauses de la convention de concession et du présent cahier des charges, seront soumises à la juridiction administrative.

Fait en double à Tunis, pour être annexé à la convention de concession et en faire partie intégrante.

Le Directeur des mines de la Société,
fondé de pouvoirs
pour l'Algérie et la Tunisie,
DE THIER.

Pour le Directeur général des travaux publics :

L'Ingénieur-Délégué,
BOULLE.

Décret beylical, du 30 *octobre* 1898 (15 *djoumadi-ettani* 1316), *portant approbation de la convention de concession des mines de fer de* TAMERA, BOURCHIBA *et* OUED-BOU-ZENNA.

Louanges à Dieu !

Nous ALI-PACHA-BEY, possesseur du royaume de Tunis,

Vu la convention du 26 mars 1884(*), approuvée par décret du 7 mai suivant, concédant au Comité d'études des mines de Tabarque les mines de fer de Tamera, Bourchiba et Oued-bou-Zenna, un chemin de fer de Sidi-Haoual-el-Oued à la baie du cap Serrat, et un port à établir dans cette baie, — ensemble le cahier des charges annexé à cette convention ;

Vu la pétition en date du 1er mars 1898, de M. Faure, président du conseil d'administration de la Société anonyme des mines de fer des Nefzas (Tunisie);

Vu le décret du 7 mai 1898 (16 hidjé 1315) acceptant la substitution au Comité d'études des mines de Tabarque de la société anonyme désignée sous le nom de Société anonyme des mines de fer des Nefzas (Tunisie) ;

Vu la convention passée le 19 octobre 1898 entre notre directeur général des travaux publics et M. Faure, ingénieur, agissant au nom et pour le compte de la Société anonyme des mines de fer des Nefzas (Tunisie), abrogeant la convention précitée du 26 mars 1884 et le cahier des charges qui lui est annexé, et portant concession des mines de fer de Tamera, Bourchiba et Oued-bou-Zenna, situées sur le territoire de la tribu des Nefzas, contrôle civil de Béja, — ensemble le cahier des charges et les plans ci-annexés ;

Avons pris le décret suivant :

Article unique. — Est approuvée la convention passée le 19 octobre 1898 entre notre directeur général des travaux publics et M. Faure, ingénieur, agissant au nom de la Société anonyme des mines de fer des Nefzas (Tunisie), abrogeant la convention du 26 mars 1884 et le cahier des charges qui lui est annexé, et portant concession des mines de fer de Tamera, Bourchiba et Oued-bou-Zenna, situées sur le territoire de la tribu des Nefzas, con-

(*) Volume de 1894, p. 580.

trôle civil de Béja, — ensemble le cahier des charges et les plans ci-annexés.

Vu pour promulgation et mise à exécution :
Tunis, le 30 octobre 1898.
Le Ministre plénipotentiaire,
Résident général de la République française,
René Millet.

CONVENTION DE CONCESSION

des mines de fer

DE TAMERA, BOURCHIBA ET OUED-BOU-ZENNA.

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — Sont et demeurent abrogés la convention du 26 mars 1884 et le cahier des charges qui lui est annexé, concernant les mines de fer de Tamera, Bourchiba et Oued-bou-Zenna, un chemin de fer de Sidi-Haoual-el-Ouad à la baie du cap Serrat et un port à établir dans cette baie.

Art. 2. — Il est fait concession en toute propriété, à M. Joseph Faure qui accepte, des gisements de fer de Tamera, Bourchiba et Oued-bou-Zenna, situés sur le territoire de la tribu des Nefzas, dans les limites désignées par l'article ci-après :

Art. 3. — Cette concession, qui prendra le nom de *Tamera-Bourchiba et Oued-bou-Zenna*, est délimitée, conformément au plan annexé à la présente convention, ainsi qu'il suit :

1° *Quartier de Tamera.* — Au *sud*, par une ligne droite menée par la Koubba de Sidi-Drissi perpendiculairement à la ligne joignant cette Koubba à celle de Sidi-el-Touati ;

Au *nord*, par une ligne droite parallèle à la précédente et distante de celle-ci de 1.000 mètres;

A l'*ouest*, par une perpendiculaire aux limites nord et sud, menée à 2.200 mètres à l'ouest de la Koubba de Sidi-Drissi ;

A l'*est*, par la rive droite de l'oued Damoas.

2° *Quartier de Bourchiba.* — A l'*est*, par une ligne droite joignant la Koubba de Sidi-el-Habia à celle de Sidi-Drissi jusqu'à sa rencontre avec la rive gauche de l'oued Damous;

Au *nord*, par la rive gauche de l'oued Damous, depuis la limite est jusqu'au confluent de cette rivière avec l'oued Bellif;

A l'*ouest*, par la rive gauche de l'oued Bellif depuis son confluent avec l'oued Damous, jusqu'à son confluent avec l'oued Gasser ;

Au *sud-est* et au *sud*, par une ligne droite, joignant la Koubba de Sidi-el-Habia à celle de Sidi-el-Touati, jusqu'à sa rencontre avec la rive droite de l'oued Gasser, et par la rive droite de l'oued Gasser jusqu'à son confluent avec l'oued Bellif.

3° *Quartier de l'Oued-bou-Zenna.* — Au *nord*, par une ligne droite partant de la Koubba de Sidi-Bled, et menée perpendiculairement à la ligne joignant cette Koubba à celle de Sidi-Ahmed-ben-Aïs, jusqu'à sa rencontre avec la rive droite de l'oued Bellif;

A l'*ouest*, par une ligne droite joignant la Koubba de Sidi-Bled à celle de Sidi-Haoual-el-Ouad, jusqu'à sa rencontre avec la rive droite de l'oued Bou-Zenna;

Au *sud* et à l'*est*, par la rive droite de l'oued Bou-Zenna et de l'oued Bellif, depuis la limite ouest jusqu'à la limite nord.

Art. 4. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger aux mines de fer de Tamera, Bourchiba et Oued-bou-Zenna, qui pourraient exister dans l'étendue de la concession.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire, soit à une autre personne.

Art. 5. — Les droits des propriétaires de la surface sur les mines concédées sont réglées à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare.

Art. 6. — Le concessionnaire se conformera, etc. (*).

(*) *Art.* 6 à 14 respectivement conformes aux articles 5 à 13 de la convention de concession de la mine du Djebel-Hamera, voir *suprà*, p. 509. — Toutefois l'art. 12 (correspondant à l'art. 11 de la concession du Djebel-Hamera) comporte la variante ci-après:

1er §. — Si, à partir du 1er mars 1903, l'extraction annuelle reste inférieure à 25.000 tonnes, sauf le cas de force majeure dûment constatée, il sera assigné au concessionnaire... etc.

2e §. — Faute par le concessionnaire de justifier dans ce délai de la reprise d'une exploitation régulière et des moyens de la continuer sur la base d'une production annuelle de 25.000 tonnes, le Gouvernement, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DES MINES DE FER DE TAMERA, BOURCHIBA ET OUED-BOU-ZENNA,

Conforme au cahier des charges de la Concession du Djebel-Hamera (Voir *suprà*, p. 512), sauf l'article 22, libellé comme il suit :

Art. 22. — L'État accorde gratuitement au concessionnaire, à l'intérieur des périmètres concédés, la jouissance des terrains domaniaux non boisés dont l'occupation serait reconnue par l'Administration nécessaire à l'exploitation de la mine.

En ce qui concerne les terrains forestiers, les points sur lesquels l'exploitation des minerais, les manipulations à leur faire subir, ainsi que l'établissement des constructions et places de dépôt nécessaires à cette exploitation, devront entraîner la destruction des boisements, seront délimités contradictoirement par le Service des Forêts et le concessionnaire.

Dans ces enceintes, les arbres susceptibles de donner de l'écorce à tan seront vendus par les soins du Service des Forêts, à moins que le concessionnaire ne consente à en payer la valeur au prix d'estimation fixé par l'Administration.

Les arbres démasclés seront dénombrés, et le concessionnaire sera tenu d'en payer la valeur d'après les tarifs en usage. Les autres produits forestiers ne donneront lieu à redevance que si le concessionnaire demande à les utiliser pour les besoins de son exploitation.

Le Service des Forêts se réserve le droit d'imposer au concessionnaire toutes mesures de protection ou de précaution qui lui paraîtront utiles contre les incendies.

Il est formellement entendu que la superficie des terrains domaniaux de toute nature reste la propriété de l'État.

Décret beylical, du 27 novembre 1898 (13 redjeb 1316), portant approbation de la convention de concession de la mine de zinc, plomb et métaux connexes de SIDI-YOUSSEF.

Louanges à Dieu !

Nous ALI-PACHA-BEY, possesseur du royaume de Tunis,

Vu la convention passée, le 22 novembre 1898, entre notre directeur général des travaux publics et M. Gabriel Dargent, agissant

au nom de la Société civile Dargent et Pascal, et portant concession de la mine de zinc, plomb et métaux connexes, située au lieu dit Sakkiet-Sidi-Youssef, caïdat et contrôle civil du Kef, ensemble le cahier des charges et le plan ci-annexé ;

Avons pris le décret suivant :

Art. 1er. — Est approuvée la convention passée le 22 novembre 1898 entre notre directeur général des travaux publics et M. Gabriel Dargent, agissant au nom de la Société civile Dargent et Pascal, et portant concession de la mine de zinc, plomb et métaux connexes, située au lieu dit Sakkiet-Sidi-Youssef, caïdat et contrôle du Kef.

Art. 2. — Notre directeur général des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Vu pour la promulgation et mise à exécution :
Tunis, le 27 novembre 1898.
Le Ministre plénipotentiaire,
Résident général de la République française,
René MILLET.

CONVENTION DE CONCESSION

Des mines de zinc, plomb et métaux connexes

DE SIDI-YOUSSEF.

(EXTRAIT.)

Art. 1er. — Il est fait concession en toute propriété à M. Dargent ès nom, qui accepte, des gisements de zinc, plomb et métaux connexes situés au lieu dit : Sakkiet-Sidi-Youssef, dans les limites désignées par l'article ci-après :

Art. 2. — Cette concession qui prendra le nom de « *Sidi-Youssef* » est délimitée, conformément au plan annexé à la présente convention de concession, ainsi qu'il suit :

Côté sud-ouest. — Une ligne droite AB dont le prolongement au-delà du point A passe par le centre de la tourelle nord-ouest du Bordj de la douane tunisienne de Sidi-Youssef. Cette ligne fait avec le nord vrai un angle de 18° nord-ouest. Elle part du point A situé à 1.000 mètres au sud-est du centre de la tourelle nord-

ouest du Bordj de la douane tunisienne précitée, pour se terminer au point B, situé à 2.000 mètres au sud-est du point A.

Côté sud-est. — Un ligne droite BC, perpendiculaire, en B, au côté sud-ouest, ci-dessus défini, le point C étant situé à 3.300 mètres au nord-est du point B.

Côté nord-est. — Une ligne droite CD, perpendiculaire, en C, au côté sud-est, ci-dessus défini, et aboutissant au point D, situé à 2.000 mètres au nord-ouest du point C.

Côté nord-ouest. — Une ligne droite DA, perpendiculaire, en D, au côté nord-est, ci-dessus défini, et aboutissant au point A, situé à 3.300 mètres au sud-ouest du point D.

Lesdites limites renfermant une superficie de 6.600 hectares (6 kilomètres carrés, 60 hectares).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger aux mines de zinc, plomb et métaux connexes qui pourraient exister dans l'étendue de la concession.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits des propriétaires de la surface sur les mines concédées sont réglées à une redevance annuelle de dix centimes de francs (0 fr. 10) par hectare.

Art. 5. — Le concessionnaire se conformera, etc. (*).

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DES MINES DE SIDI-YOUSSEF,

Conforme au cahier des charges de la concession du Djebel-Hamera (Voir *suprà*, p. 512).

(*) *Articles* 5 à 13 conformes aux mêmes articles de la convention de concession de la mine du Djebel-Hamera, voir *suprà*, p. 509.

JURISPRUDENCE.

MINES. — OCCUPATION DE TERRAINS. — EXTRACTION ILLICITE DE MINERAIS DE FER SUPERFICIELS. — (Affaire GUINEBERTIÈRE contre Cie DES MINERAIS DE FER DE MOKTA-EL-HADID).

I. — *Jugement rendu, le 23 novembre 1897, par le tribunal civil de Bône.*

(EXTRAIT.)

En ce qui touche l'intervention d'Harvin :

Attendu que Guinebertière agit en son nom personnel et comme étant aux droits d'Harvin, en vertu d'une cession à lui consentie par ce dernier, afin de faire valoir, dans un intérêt commun, tous les droits et créances qu'Harvin avait ou pouvait avoir contre la Cie de Mokta-el-Hadid ;

Attendu que l'existence de cette cession, et, par conséquent, la qualité de Guinebertière ayant été contestées tout d'abord par ladite compagnie, Harvin est intervenu personnellement dans la cause et a déclaré se joindre aux conclusions de Guinebertière qu'il reprenait en tant que de besoin en propre nom ;

Attendu que la Cie de Mokta-el-Hadid a ensuite demandé acte de ce qu'elle s'en est rapporté à justice sur l'intervention d'Harvin et a pris contre celui-ci les mêmes conclusions que contre Guinebertière ;

Attendu que les droits de Guinebertière sont établis au moyen de la cession à lui consentie par Harvin, le 5 juin 1897, enregistrée à Paris, le 2 juillet 1897, folio 45 ; que l'acte sous seing privé qui le constate étant produit au débat, et la compagnie défenderesse s'en rapportant aujourd'hui à justice sur ce point, il échet d'admettre l'intervention d'Harvin et de déclarer recevable la demande de Guinebertière.

Au fond :

Attendu que, suivant acte passé devant Me Maurine, notaire à Bône, le 30 juin 1845, enregistré, le sr Vincent Ripert a acheté à divers indigènes musulmans, un jardin dénommé Zenan

ben Zenida ou Zerrida et un terrain en dépendant situé à Boamia hors Bône, près Hippone;

Attendu qu'il n'est pas contesté qu'Harvin a succédé aux droits de Ripert sur lesdits immeubles et en est devenu seul et unique propriétaire, comme son auteur et ceux de Ripert, sur lesdits immeubles, l'étaient auparavant;

Attendu qu'il résulte des documents versés au débat que, dès le mois de juillet 1874, la Cie de Mokta-el-Hadid occupait l'immeuble appartenant à Harvin au Bou-Hamra et y faisait ou y avait fait depuis un certain temps d'importants travaux d'exploitation du minerai de fer existant sur cet immeuble;

Attendu cependant qu'à cette époque ladite compagnie n'avait aucun droit ni aucune autorisation qui lui permît une semblable occupation et exploitation, contre lesquelles d'ailleurs Harvin ne cessait de protester;

Que ce n'est, en effet, qu'à la date du 31 mars 1875, que le préfet de Constantine autorisait la Cie de Mokta-el-Hadid à occuper dans le périmètre de la concession de fer de Bou-Amra, pour l'exploitation des gîtes de fer de toute nature, exploitables ou non à ciel ouvert, les terrains mentionnés dans sa pétition du 30 juillet 1897, le mémoire et le plan à l'appui; que les deux arrêtés pris par le préfet de Constantine à ce sujet ne furent signifiés aux époux Harvin, dont le terrain pouvait être ainsi occupé, que le 14 avril 1875; qu'il suit de là que l'occupation de ce terrain par la compagnie défenderesse était illégale sans qu'il soit besoin de rechercher si l'exploitation qu'elle y a faite ou cherché à faire ait eu lieu à ciel ouvert ou par galeries souterraines, prenant ouverture sur le terrain d'Harvin.

Attendu que la Cie de Mokta-el-Hadid n'est pas fondée à prétendre qu'elle n'a exploité le minerai que dans les limites de la concession et qu'elle était d'ailleurs autorisée à prendre le minerai de surface aux termes des actes émanant de l'autorité supérieure et portant les dates des 9 octobre 1845, 16 février 1852 et 5 janvier 1853;

Attendu, en effet, qu'il importe de remarquer, d'une part, qu'Harvin par ses auteurs était propriétaire exclusif du terrain plus haut désigné dès le 30 juin 1845, c'est-à-dire avant l'ordonnance du 9 octobre de la même année, qui a concédé des mines de fer à la Cie de Mokta-el-Hadid; d'autre part, qu'à la même époque la législation concernant les mines dans la Métropole n'était pas applicable en Algérie;

Attendu en conséquence que la concession faite à la compagnie

défenderesse n'a pu porter aucune atteinte aux droits qu'Harvin ou ses auteurs tenaient aussi bien de leur titre que de la loi, et que la promulgation de la législation minière en Algérie n'a pas pu non plus avoir d'effet rétroactif à l'encontre d'Harvin ;

Attendu que l'indue occupation du terrain d'Harvin par la compagnie défenderesse a certainement causé un dommage au propriétaire dudit terrain en l'empêchant d'en jouir pleinement et paisiblement; qu'il y a eu là pour Harvin un préjudice qui doit être apprécié dans les termes du droit commun, conformément à l'article 1382 du code civil, mais que, le tribunal n'ayant pas, en l'état de la cause, des éléments d'appréciation suffisants pour fixer le chiffre du dommage causé, il convient de recourir à une expertise.

Sur la demande d'une provision de 50.000 francs, formée par Guinebertière et Harvin :

Attendu que, pour les considérations qui précèdent, le tribunal ne peut accueillir cette demande, laquelle n'est point justifiée ;

Qu'en effet, en admettant même l'existence d'un préjudice, il est impossible de l'évaluer quant à présent,

Par ces motifs :

Statuant contradictoirement et en premier ressort.

Reçoit l'intervention d'Harvin et lui donne acte de ce qu'il se joint aux conclusions de Guinebertière, qu'il reprend en tant que de besoin, en son nom personnel ;

Donne acte à la Cie de Mokta-el-Hadid de ce qu'elle s'en rapporte à justice sur l'intervention d'Harvin et prend contre lui les mêmes conclusions que contre Guinebertière ;

Déclare la demande recevable ;

Dit que c'est sans droit que la Cie de Mokta-el-Hadid a occupé le terrain d'Harvin, sis à Bou-Hamra, près Bône, et y a fait des travaux d'exploitation de minerai de fer ;

Dit que, de ce fait, la compagnie défenderesse a causé aux demandeurs un dommage dont elle leur doit réparation ;

Nomme d'office, faute par les parties d'en convenir dans les trois jours de la signification du présent jugement :

MM. N..., N... et N..., lesquels, après serment prêté devant le président de ce siège, auront pour mission d'évaluer le dommage qu'a éprouvé Harvin par suite des occupations et exploitations faites illégalement sur son terrain du Bou-Hamra pour la Cie de Mokta-el-Hadid ;

Dit que l'évaluation de ce dommage se fera, conformément au droit commun ;

Autorise les experts à s'entourer de tous renseignements et à consulter tous documents utiles;

Dit qu'en cas de refus ou d'empêchement les experts seront remplacés par ordonnance du président, sur simple requête;

Réserve les dépens.

II. — *Arrêt rendu, le 12 juillet* 1898, *par la cour d'appel d'Alger.*

(EXTRAIT.)

Attendu que, suivant acte passé devant Me Joseph Maurine, notaire à Bône, le 30 juin 1845, enregistré, le sr Vincent Ripert, propriétaire à Bône, a acheté, moyennant le prix principal de 5.000 francs, de divers indigènes à Bône, un jardin et un terrain y attenant, connu sous le nom de « Zenan ben Zenida », sis au lieu dit « Bou-Hamra », près Hippone, commune de Bône; qu'il est établi que le sr Harvin a succédé aux droits que possédait le sr Rippert sur lesdits immeubles, et que le sr Guinebertière agit, dans la présente instance, tant en son nom personnel, que comme étant aux droits du sr Harvin, en vertu d'une cession à lui consentie par ce dernier, suivant acte sous signatures privées en date, à Paris, du 5 juin 1897, enregistré;

Attendu qu'une ordonnance royale, en date du 9 novembre 1845, a concédé au Sr Péron Louis-Didier, propriétaire, demeurant à Paris, des mines de fer sises dans « le mont Bou-Hamra », près de Bône; que la Cie des minerais de fer magnétique de Mokta-el-Hadid est aujourd'hui aux droits du sr Péron, dont elle a réuni la concession à diverses autres concessions qui lui avaient été attribuées et qui sont également situées dans l'arrondissement de Bône;

Attendu qu'il résulte des faits et documents de la cause, et qu'il est, du reste, formellement reconnu par la Cie de Mokta-el-Hadid, que, dans le courant des années 1873 et 1874, cette compagnie a occupé une partie des terrains appartenant au sr Harvin, au Bou-Hamra, et y a fait effectuer d'importants travaux pour l'exploitation des minerais de fer existant sur cette propriété;

Attendu que la Cie de Mokta-el-Hadid a occupé les terrains du sr Harvin, sans avoir prévenu le propriétaire de cette occupation qui allait être faite, et sans avoir obtenu l'arrêté préfectoral qui lui était nécessaire pour autoriser une semblable occupation; qu'elle a méconnu ainsi les dispositions de l'article 8 du cahier des charges, lequel est ainsi conçu : « Aussitôt que le conces-

sionnaire portera l'extraction sous une propriété territoriale, il sera tenu d'en prévenir le propriétaire du sol »; que ce n'est que le 31 mars 1875, que M. le préfet de Constantine a autorisé la Cie de Mokta-el-Hadid à occuper dans le périmètre de la concession de Bou-Hamra les terrains du sr Harvin, qui lui étaient nécessaires pour l'exploitation des mines de fer qui lui avaient été concédées; que cet arrêté préfectoral n'a été notifié au propriétaire de l'immeuble que le 5 avril 1875; qu'il en résulte que l'occupation des terrains du sr Harvin par la Cie de Mokta-el-Hadid, malgré les protestations réitérées du propriétaire, était, jusqu'à cette date, absolument illégale, et constituait une voie de fait et une véritable violation de la propriété d'autrui; qu'en outre ladite compagnie n'a jamais versé au propriétaire du sol l'indemnité préalable imposée par l'arrêté préfectoral du 31 mars 1875, conformément aux articles 10, 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810; que, par cette occupation illégale qui s'est prolongée jusqu'au 5 avril 1875, date de la notification de l'arrêté préfectoral, la Cie de Mokta-el-Hadid a causé au propriétaire de l'immeuble un dommage dont elle lui doit réparation;

Qu'elle doit, en outre, au sr Harvin, à raison de l'occupation de ces terrains, une indemnité annuelle, conformément à l'arrêté préfectoral du 31 mars 1875 et aux articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810;

Attendu que c'est à tort que la Cie de Mokta-el-Hadid soutient que les minerais de fer superficiels qui ont pu être extraits à ciel ouvert des terrains du sr Harvin n'appartiennent pas au propriétaire du sol et font partie de la concession qui a été attribuée au sr Péron par l'ordonnance royale du 9 novembre 1845;

Attendu, en effet, que les titres de propriété du sr Harvin, remontant au 30 juin 1845, sont antérieurs à l'ordonnance portant concession des mines de fer du Bou-Hamra, en date du 9 novembre 1845; que cette ordonnance n'attribue nullement au concessionnaire la propriété des minerais de surface; qu'en effet, après avoir visé la loi du 21 avril 1810, sur les mines, et les autres dispositions des lois françaises applicables à la matière, l'ordonnance porte ce qui suit : « Voulant appliquer en Algérie « la législation sur les mines en vigueur en France, avec les « modifications réclamées par l'organisation administrative de la « Colonie »; qu'il en résulte que ladite ordonnance a donc rendu simplement applicable à l'Algérie, avec certaines modifications nécessitées par l'organisation administrative de la colonie, la législation minière française et notamment la loi du 21 avril 1810;

qu'en effet, conformément à ladite loi, l'article 5 de cette ordonnance décide expressément que : « La présente concession est « faite sous toutes réserves des droits qui résulteront, pour les « propriétaires de la surface, des articles 59 et 69 de la loi du « 21 avril 1810, tant à l'égard des minerais de fer, dits d'alluvion, « que relativement aux minerais de fer en filons ou en couches qui « seraient situés près de la surface et susceptibles d'être exploités « à ciel ouvert, pourvu que ce mode d'exploitation ne rende pas « impossible l'exploitation ultérieure par travaux souterrains « des minerais situés dans la profondeur »;

Que, dans de semblables conditions, la concession qui a été faite au s[r] Péron, par ordonnance royale du 9 novembre 1845, porte donc seulement sur les mines de fer proprement dites du Bou-Hamra et non sur les minières, et que le concessionnaire n'a jamais acquis aucun droit sur les minerais de surface, qui ont toujours appartenu au propriétaire du sol ;

Attendu que la C[ie] de Mokta-el-Hadid soutient à tort que l'insertion de l'article 5 dans l'ordonnance royale du 9 novembre 1845 est le résultat d'une erreur, et que cet article doit être considéré comme nul et non avenu;

Attendu qu'une semblable prétention ne saurait être admise; que l'article 5 fait partie intégrante de l'ordonnance du 9 novembre 1845; qu'il protège les droits légitimes des propriétaires du sol, et qu'il indique le véritable sens des dispositions de cette ordonnance; que ce qui démontre que le rédacteur de l'ordonnance, en insérant cet article 5, n'a pas reproduit, par erreur, une clause du modèle des concessions de mines, annexé à la circulaire ministérielle de 1843, en vigueur en France, comme le prétend la C[ie] de Mokta-el-Hadid, c'est que cet article stipule : « qu'en cas de contestation entre le propriétaire du sol et le con« cessionnaire sur la question de savoir si un gîte de minerai « doit être ou non exploité à ciel ouvert, il sera statué par le « Directeur de l'Intérieur »;

Qu'il n'existe pas de fonctionnaire de ce genre dans la métropole; qu'il y en avait un à cette époque en Algérie, et que c'est la preuve que dans l'ordonnance dont il s'agit, l'article 5 a été inséré avec intention et dans le but de sauvegarder les droits légitimes des propriétaires de la surface, conformément aux principes généraux de la législation minière;

Attendu qu'en vertu du principe de la non-rétroactivité des lois, la C[ie] de Mokta-el-Hadid ne saurait se prévaloir de l'arrêté du chef du pouvoir exécutif, en date du 9 novembre 1848 ou des

décrets du 6 février 1852 et du 5 janvier 1855, sur les mines en Algérie; que, du reste, l'arrêté du 9 novembre 1848, stipule expressément que : « La Commission n'a pas eu la pensée que « ce système doive réagir sur le passé »; qu'en outre, aucun décret ou disposition légale d'aucune sorte n'a accordé à la Cie de Mokta-el-Hadid de concession nouvelle et ne lui a attribué expressément le minerai de fer superficiel exploitable à ciel ouvert; qu'enfin la Cie de Mokta-el-Hadid n'a commencé qu'en 1873 l'exploitation de la concession des mines du Bou-Hamra, et qu'à cette date la législation française était seule applicable à l'Algérie, en vertu du décret du 23 juin 1866, promulguant dans la colonie la loi du 9 mai précédent;

Attendu qu'il résulte de ce qui précède que les minerais de fer superficiels situés dans la propriété du sr Harvin, au Bou-Hamra, ne font pas partie de la concession attribuée, le 9 novembre 1845, au sr Péron, aux droits duquel se trouve actuellement la Cie de Mokta-el-Hadid, cette concession ne comprenant que les mines de fer exploitées par puits et galeries et non les minières exploitées à ciel ouvert; que dans ces conditions, si la Cie de Mokta-el-Hadid a extrait, dans le terrain du sr Harvin, des minerais de surface, elle a agi illégalement et sans droits et doit être tenue, en conséquence, de dommages-intérêts envers le propriétaire du sol, pour la réparation du préjudice qui lui aurait été ainsi causé;

Qu'il convient donc, confirmant la décision du tribunal qui a ordonné une expertise, de compléter la mission donnée par les premiers juges aux experts, en les chargeant de rechercher si la Cie de Mokta-el-Hadid a exploité dans la propriété du sr Harvin, au Bou-Hamra, des minerais de fer superficiels, et, dans le cas de l'affirmative, d'indiquer la quantité de minerai de superficie qui aurait été enlevée, la valeur de ces minerais au moment de l'extraction.

Attendu que la Cie de Mokta-el-Hadid prétend en fait, contrairement aux affirmations des srs Harvin et Guinebertière, n'avoir jamais enlevé de minerais superficiels dans la propriété du sr Harvin; que, si l'indue occupation des terrains et le non-paiement de l'indemnité ont causé au propriétaire un dommage dont il lui est dû réparation, c'est à bon droit que les premiers juges ont décidé qu'ils n'avaient pas les éléments suffisants d'appréciation pour fixer le chiffre des dommages causés, et qu'il y avait lieu de recourir à une expertise;

Que la demande d'une provision de 20.000 francs formée par le

s[r] Guinebertière n'étant pas justifiée dans les conditions de la cause, il n'y a pas lieu d'accueillir favorablement cette demande de provision et qu'il convient de rejeter l'appel incident formé à cet égard ;

Par ces motifs :

Reçoit l'appel principal et l'appel incident comme réguliers en la forme ;

Et statuant au fond :

Donne acte à la d[lle] Harvin ès qualités, de ce qu'elle déclare se joindre entièrement aux conclusions prises et signifiées au nom du s[r] Guinebertière sur l'appel principal de la C[ie] de Mokta-el-Hadid, et de ce qu'elle s'en rapporte à justice sur le mérite de l'appel incident formé par le s[r] Guinebertière ;

Dit qu'il a été bien jugé par le jugement rendu entre les parties par le tribunal civil de Bône, à la date du 23 novembre 1897, qui a décidé que la C[ie] de Mokta-el-Hadid devait réparer le préjudice causé au s[r] Harvin par l'occupation illégale de sa propriété, sise au Bou-Hamra, commune de Bône, mal appelé par l'appel principal ;

Met ladite appellation à néant.

Interprétant, en tant que de besoin, la décision des premiers juges et la complétant :

Dit que la C[ie] de Mokta-el-Hadid doit, en outre, au s[r] Harvin une indemnité annuelle à raison de l'occupation de ses terrains, conformément à l'arrêté préfectoral du 31 mars 1875 et aux articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810 ;

Dit que la C[ie] de Mokta-el-Hadid n'a acquis, par l'ordonnance royale du 9 novembre 1845, aucun droit de concession sur les minerais de surface de la propriété du s[r] Harvin, au Bou-Hamra, et que la concession qui lui a été attribuée ne comprend que les minerais de fer exploités par puits et galeries et non les minières exploitées à ciel ouvert ;

Dit, en conséquence, que, si ladite compagnie a extrait, dans le terrain du s[r] Harvin, des minerais de surface, elle a agi sans droit et contrairement à sa concession et doit être tenue dans ce cas de dommages-intérêts envers le propriétaire du sol pour réparation du préjudice qui lui aurait été ainsi causé ;

Confirme le jugement dont est appel, qui a nommé d'office, faute par les parties d'en convenir dans les trois jours de la signification du présent, MM. N..., N... et N..., et ordonne que ce jugement sortira son plein et entier effet ;

Dit que les experts, serment préalablement prêté devant

M. le président du tribunal civil de Bône ou son dévolutaire, auront pour mission d'évaluer le dommage éprouvé par le s[r] Harvin par suite de l'occupation illégale qui a été faite de ses terrains du Bou-Hamra par la C[ie] de Mokta-el-Hadid, occupation qui s'est prolongée sans droit jusqu'à la date du 5 avril 1875; indiqueront en outre l'indemnité annuelle qui est due au s[r] Harvin à raison de l'occupation de sa propriété, conformément à l'arrêté préfectoral du 31 mars 1875 et aux articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810;

Dit que les experts vérifieront si les minerais de fer qui ont été extraits de l'immeuble du s[r] Harvin par la C[ie] de Mokta-el-Hadid étaient des minerais de fond ou des minerais de surface, et s'ils ont été exploités par puits et galeries ou s'ils l'ont été à ciel ouvert;

Dit que, dans le cas où les minerais ainsi extraits seraient des minerais superficiels, les experts feront connaître la quantité de fer ainsi enlevée, la valeur de ces minerais au jour de l'extraction;

Autorise les experts à s'entourer de tous renseignements et à consulter tous documents utiles;

Dit qu'en cas d'empêchement, etc...

Déboute le s[r] Guinebertière de son appel incident et le condamne à l'amende de son appel;

Condamne la C[ie] de Mokta-el-Hadid à l'amende et aux dépens d'appel.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

CONGÉ ILLIMITÉ.

Arrêté du 5 *novembre* 1898. — M. **Colin de Verdière,** Ingénieur ordinaire de 2e classe, attaché aux services du sous-arrondissement minéralogique de Moulins et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, est mis, sur sa demande, en congé illimité et autorisé à entrer au service de la Cie des chemins de fer de l'Ouest, en qualité d'Ingénieur attaché au service du matériel et de la traction.

DÉCISIONS DIVERSES.

Décision du 5 *novembre* 1898. — M. **Delafond,** nommé Inspecteur général de 2e classe pour prendre rang, à dater du 1er novembre 1898, conserve jusqu'à nouvel ordre la direction du service de l'arrondissement minéralogique de Châlon-sur-Saône.

Arrêté du 15 *novembre*. — M. **Keller,** Inspecteur général de 2e classe, chargé de la Direction du Contrôle des chemins de fer de l'Est, est chargé de la Direction de l'Inspection des chemins de fer de l'État, en remplacement de M. **Orsel,** admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 15 *novembre*. — M. **Worms de Romilly,** Inspecteur général de 2e classe, chargé de la division minéralogique du Sud-Ouest, est chargé de la Direction du Contrôle des chemins de fer de l'Est, en remplacement de M. **Keller.**

Arrêté du 15 novembre. — M. **Nivoit,** Inspecteur général de 2e classe, chargé de la Division minéralogique du Sud, est chargé de la Division minéralogique du Sud-Ouest, en remplacement de M. **Worms de Romilly.**

Arrêté du 26 novembre. — Sont déclarés hors de concours les Élèves-Ingénieurs de 1re classe, dont les noms suivent :

MM. **Glasser,**
Solente,
Anglès-Dauriac,
Leprince-Ringuet,
Potiron de Boisfleury.

Arrêté du 26 novembre. — Les Élèves-Ingénieurs déclarés hors de concours, dont les noms suivent, reçoivent les destinations ci-après :

1° M. **Glasser** est attaché temporairement au service du Secrétariat du Conseil général des Mines et chargé, en outre, du service du sous-arrondissement minéralogique de Rouen et du 2e arrondissement du contrôle de l'exploitation technique du réseau de l'Ouest, en remplacement de M. **Pourcel,** mis en service détaché ;

2° M. **Solente** est chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand et du 4e arrondissement du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en remplacement de M. **Jouguet,** appelé à un autre service ;

3° M. **Anglès-Dauriac** est chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Moulins et du 8e arrondissement du contrôle de l'exploitation technique du chemin de fer de Paris à Orléans, en remplacement de M. **Colin de Verdière,** mis en congé illimité ;

4° M. **Potiron de Boisfleury** est chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Rodez, en remplacement de M. **Jordan,** appelé à un autre poste.

II. — Contrôleurs des mines.

CONGÉ.

22 *novembre* 1898. — Un congé de deux ans, sans traitement, est accordé pour affaires personnelles à M. **Mercier**, Contrôleur de 3e classe, en congé renouvelable en Algérie.

DÉCISIONS DIVERSES.

22 *novembre* 1898. — M. **Bouguet**, Contrôleur principal attaché, dans le département du Doubs, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Dijon et du Contrôle de l'Exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, passe dans le département de l'Isère, à la résidence de Grenoble, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Il est attaché, en outre, au service du sous-arrondissement minéralogique de Grenoble.

22 *novembre*. — M. **Lesprit**, Contrôleur de 1re classe attaché dans le département de l'Isère, à la résidence de Grenoble, au service du sous-arrondissement minéralogique de Grenoble, est attaché, en outre, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de ferde Paris à Lyon et à la Méditerranée.

22 *novembre*. — M. **Péricard**, Contrôleur de 1re classe attaché, dans le département de l'Isère, à la résidence de Bourgoin, au service du sous-arrondissement minéralogique de Grenoble, est attaché, en outre, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

22 *novembre*. — M. **Merle**, Contrôleur de 1re classe attaché, dans le département de l'Isère, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Médi-

terranée, passe dans le département du Doubs, à la résidence de Besançon, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Dijon et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

22 *novembre*. — **M. Guillier** (Mathieu), Contrôleur de 3e classe, en congé pour affaires personnelles, cesse de faire partie des cadres du personnel de l'Administration des Travaux publics.

SERVICE DES MINES.

Arrêté du 5 novembre 1898. — Le nombre des Inspections générales des Mines de la métropole est réduit de six à cinq.

L'inspection du Sud est réunie à l'inspection du Sud-Est, pour former une inspection unique qui prend la dénomination d'Inspection du Sud-Est.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES.

Par décision du Ministre des Travaux publics en date des 1er et 20 juillet et 28 octobre 1898, ont été nommés élèves externes de première année à l'École nationale supérieure des Mines :

MM. **Franjoux**, **Harlé**, **Thomas**, **Schérer**, **De la Condamine**, **Gausseres**, **Marsaut (P.)**, **Marsaut (H.)**, **Cuau**, **Renaux**.

MM. **Clément**, **Bernard**, **Ponce**, **Raygondeau**, **Sudre**, **Pelvey**, **Craponne**, **Jacquelin**, **Coblentz**, **Philippot**.

MM. **Siméon**, **Dabren**, **Fouques-Duparc**, **Pla**, **Vénard**, **De Fontainieu**, **Fleury**, **Denquin**, **Mesuré**.

Par décisions des 28 et 29 octobre 1898 ont été nommés élèves des Cours préparatoires à la même École, pour l'année scolaire 1898-1899 :

MM. **Bavier-Chauffour**, **Buret de St-Anne**, **Burguet**, **Le Chatelier**, **Cachin**, **François**, **Rouzière**, **Darblay**, **Fagniez**.

MM. **Gilnicki**, **Legrand**, **Pierlot**, **Stévenin**, **Gottraux**, **Jasson**, **Lorin**, **Long-Depaquit**, **Verdavainne**, **Briot**.

MM. **Krafft**, **Hoh**, **De Mecquenem**, **Riban**, **Broquère**, **Gignoux**, **Lequin**, **Wielohrski**, **Mathieu**, **Mougenot**.

Par décisions du 31 octobre et 19 novembre 1898, les étrangers dont les noms suivent ont été autorisés, après avoir subi un examen de capacité, à suivre comme élèves étrangers, pendant l'année scolaire 1898-1899 :

1° *Les Cours spéciaux de 1re année :*

MM. **Carapanos**, **Tsolakis**, **Pedro Diniz**, **Ismalun**.

MM. **Malkenson**, **Moscovici**, **Meguirditchian**.

MM. **Bankir**, **Mirza-Hussein-Khan**.

2° *Les Cours préparatoires :*

MM. **Zerolo**, **Antippa**, **Schwartz**, **Séphériadès**, **Emilian**.

MM. **Katz**, **Kefala**, **Fernandez Herrero**, **Vasilesco**.

MM. **Monckton**, **Léondopoulos**, **Garcia**, **Richner**, **Gripari**.

ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE.

Par décisions du Ministre des Travaux Publics, en date des 17 octobre et 24 novembre 1898, ont été admis à l'École des Mines de Saint-Étienne, en remplacement d'Élèves démissionnaires, les quatre candidats dont les noms suivent, savoir :

MM. **De la Ruffie,**
Billion du Plan.

MM. **Chalumet,**
Virlouvet.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES, CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 11 décembre 1897 (*), *portant réglementation sur la recherche et l'exploitation des mines à la* GUINÉE FRANÇAISE.

Le Président de la République française,

Vu l'article 18 du sénatus-consulte du 3 mai 1854;

Vu les décrets du 11 mai 1892 et 25 septembre 1896, relatifs à l'organisation administrative et judiciaire de la Guinée française,

Vu le décret, du 14 août 1896, portant réglementation sur la recherche et l'exploitation des mines au Sénégal et au Soudan français (**) ;

Sur le rapport du ministre des colonies,

Décrète :

Art. 1er. — Le décret précité du 14 août 1896 est rendu applicable à la Guinée française, sous réserve des modifications indiquées ci-après et de celles qui découlent de l'organisation administrative et judiciaire de cette colonie.

Textes modifiés.

Art. 5.

Toutefois les alluvions aurifères et autres gisements superficiels désignés à l'article 30, qui font l'objet d'exploitations indigènes, la tourbe, les matériaux de construction et les amendements suivent la condition de la terre.

(*) Non inséré à sa date.

(**) Volume de 1896, p. 443.

Art. 8 (*paragraphes ajoutés*).

En dehors des régions ouvertes à l'exploitation des mines, par application de l'article 7, nul ne peut se livrer à la recherche des mines sans avoir obtenu, au préalable, une autorisation spéciale du gouverneur qui fixe les conditions à imposer pour cette recherche.

Dans le cas où elle donnerait des résultats favorables, le périmètre exploré pourrait être ouvert à l'exploitation des mines sur l'avis du conseil d'administration.

Art. 10.

Le droit d'institution est calculé conformément au tableau suivant :

ÉTENDUE	PERMIS de recherche	PERMIS D'EXPLOITATION	
		Gemmes et métaux précieux	Toutes autres substances désignées à l'article 4
	par hectare	par hectare	par hectare
Jusqu'à 1.000 hectares	0f,10	0f,50	0f,50
Toute fraction au-dessus de 1.000 jusqu'à 5.000	0 ,20	1 »	1 »
Toute fraction au-dessus de 5.000 — 10.000	0 ,40	2 »	1 ,50
Toute fraction au-dessus de 10.000	1 »	5 »	2 »

Art. 14.

La demande est affichée dans les huit jours, par les soins de l'administration, à la porte du bureau des mines de la colonie.

Art. 15.

Les oppositions, s'il y en a, doivent être déposées au bureau des mines de la colonie. Elles sont reçues jusqu'à l'expiration d'un délai de trois mois à partir de l'affichage et inscrites en marge sur le registre des demandes ; il en est délivré récépissé et notification est faite au demandeur.

Art. 41.

L'adjudication est annoncée six mois à l'avance par une affiche apposée au bureau des mines de la colonie.

Elle porte sur la somme à verser immédiatement comme droit d'institution du nouveau permis; ce droit ne peut être inférieur à celui prévu par l'article 10.

Le permissionnaire déchu ne peut y prendre part; il peut, sous réserve des droits de la colonie et de ceux des tiers, faire enlever les machines et les appareils avant la date de l'adjudication et sous la surveillance d'un agent de l'administration chargé de faire respecter la mine. Le produit de l'adjudication lui est acquis, déduction faite des sommes dues au Trésor.

Aussitôt après l'adjudication, le nouveau permissionnaire est soumis aux mêmes règles que ceux dont le permis a été institué conformément au titre II; il doit notamment se soumettre à l'article 39.

Dans le cas où l'adjudication n'a pas donné de résultats, ou si le prix offert est inférieur à celui fixé par le paragraphe 2 du présent article, le terrain fait retour à l'État et rentre dans le droit commun.

Art. 2. — Le ministre des colonies est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 11 décembre 1897.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des colonies,

André LEBON.

Arrêtés ministériels, du 2 *décembre* 1898, *complétant la composition des commissions de surveillance des bateaux à vapeur (navigation maritime) et modifiant le ressort de deux de ces commissions* (SAINT-BRIEUC et SAINT-MALO).

RAPPORT

A MONSIEUR LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Monsieur le Ministre,

L'article 35 du décret du 1er février 1893 (*) stipule que, dans chaque port fréquenté par des bateaux à vapeur, le ministre des

(*) Volume de 1893, p. 21.

travaux publics institue une commission de surveillance dont la présidence est confiée à l'ingénieur en chef du port, et dont les membres sont choisis parmi différentes catégories de fonctionnaires, au nombre desquels figurent les commissaires de l'inscription maritime.

Ces dispositions n'ont pas été appliquées littéralement : certains ports, peu fréquentés par les bateaux à vapeur, ont paru pouvoir être placés dans le ressort d'une commission instituée dans un port plus important, situé à proximité. Les commissaires de l'inscription maritime des ports choisis comme sièges des commissions de surveillance en ont été nommés membres; par contre, dans la plupart des cas, ceux de ces fonctionnaires ayant dans leur circonscription des ports non dotés de commissions n'y ont pas été compris.

Les commissaires de l'inscription maritime sont, par la nature même de leurs fonctions, de précieux auxiliaires pour les commissions de surveillance dont ils font partie, et auxquelles ils peuvent prêter un appui très efficace en vue de l'observation des prescriptions du décret du 1er février 1893. Dans l'organisation actuelle, leur action, à ce point de vue, est forcément limitée, car leur compétence est strictement locale, et ils n'ont pas qualité pour faire acte de juridiction sur le territoire d'un quartier autre que le leur.

L'attention de M. le ministre de la marine a été attirée récemment sur les inconvénients qui peuvent résulter de cette situation; il l'a signalée à l'administration des travaux publics en insistant sur l'utilité qu'il y aurait à ce que tous les commissaires des quartiers où se trouvent des ports fréquentés par des bateaux à vapeur et qui sont situés dans le ressort d'une commission de surveillance, fissent partie de cette commission, étant bien entendu qu'ils ne seraient pas appelés à siéger lorsque la commission aurait à connaître d'affaires intéressant un port situé en dehors de leur quartier.

J'estime, Monsieur le Ministre, qu'il serait en effet très opportun de réaliser la réforme réclamée par M. le ministre de la marine.

D'autre part, l'enquête locale à laquelle il a été procédé sur la question que je viens d'exposer a fait ressortir, en ce qui concerne les attributions respectives des commissions de surveillance de Saint-Brieuc et Saint-Malo, une anomalie qu'il me paraîtrait utile de faire disparaître.

Les deux commissions dont il s'agit ont pour limite commune la limite des départements des Côtes-du-Nord et d'Ille-et-Vilaine.

Les ports de la Rance maritime sont, dès lors, soumis à l'action de l'une ou de l'autre de ces commissions, suivant qu'ils sont situés sur l'une ou l'autre des parties de la rivière comprises dans chacun des deux départements limitrophes. Cependant, d'après la situation géographique de ces ports, notamment celui de Dinan, et les facilités de communications qui existent entre eux et Saint-Malo, il paraîtrait rationnel qu'ils fussent tous compris dans le ressort de la commission de surveillance de Saint-Malo.

Ces diverses mesures seraient réalisées par les trois arrêtés dont les projets sont ci-joints, et que j'ai l'honneur, Monsieur le Ministre, de soumettre à votre signature.

Veuillez agréer, Monsieur le Ministre, l'expression de mon dévouement respectueux.

Le conseiller d'État, Directeur des routes,
de la navigation et des mines,
QUINETTE DE ROCHEMONT.

Premier arrêté.

Le ministre des travaux publics,

Vu le décret du 1er février 1893, portant règlement d'administration publique pour les appareils à vapeur placés à bord des bateaux qui naviguent dans les eaux maritimes, et notamment l'article 35;

Vu la lettre de M. le ministre de la marine en date du 16 juillet 1898;

Sur la proposition du conseiller d'État, directeur des routes, de la navigation et des mines;

Arrête :

Art. 1er. — Les commissaires de l'inscription maritime ayant dans leur circonscription des ports fréquentés par les bateaux à vapeur, et dans lesquels il n'a pas été institué de commissions de surveillance, feront partie des commissions dont l'action s'étend sur ces ports.

Pour les ports trop éloignés du chef-lieu du quartier d'inscription maritime, le préposé ayant ce port dans ses attributions pourra être substitué au commissaire comme membre de la commission de surveillance.

Art. 2. — Le rôle des commissaires et préposés, comme membres des commissions de surveillance, sera strictement

limité à l'instruction des affaires concernant les ports dans lesquels ils ont qualité pour faire acte de juridiction.

Art. 3. — En exécution de ces dispositions, sont nommés membres des commissions de surveillance ci-après les fonctionnaires dont les noms suivent :

. . . .

Paris, le 2 décembre 1898,

C. Krantz.

Deuxième arrêté.

Le ministre des travaux publics,

Vu le décret du 1er février 1893, portant règlement d'administration publique pour les appareils à vapeur placés à bord des bateaux qui naviguent dans les eaux maritimes ;

Vu notamment l'article 35 relatif à l'institution de commissions pour la surveillance de ces bateaux ;

Vu l'arrêté ministériel du 26 juillet 1893 (*), qui a institué la commission de surveillance de Saint-Brieuc, et notamment l'article 3 (§ 1er), qui fixe les limites territoriales dans lesquelles s'étend l'action de cette commission ;

Vu les propositions concertées entre les ingénieurs en chef du service maritime des départements des Côtes-du-Nord et d'Ille-et-Vilaine ;

Sur la proposition du conseiller d'État, directeur des routes, de la navigation et des mines,

Arrête :

Art. 1er. — Le 1er paragraphe de l'article 3 de l'arrêté ministériel du 26 juillet 1893, qui fixe les limites du ressort territorial de la commission de surveillance du port de Saint-Brieuc, est modifié comme suit :

Art. 3. — *Les limites du ressort territorial sont :*

Pour la commission de Saint-Brieuc, la Rance maritime exclusivement à l'est, et le port de Portrieux inclusivement à l'ouest.

Art. 2. — Ampliation de cet arrêté sera adressée au préfet du département, chargé d'en assurer l'exécution.

Paris, le 2 décembre 1898.

C. Krantz.

(*) Volume de 1893, p. 413.

Troisième arrêté.

Le ministre des travaux publics,

Vu le décret du 1er février 1893, portant règlement d'administration publique pour les appareils à vapeur placés à bord des bateaux qui naviguent dans les eaux maritimes;

Vu notamment l'article 35 relatif à l'institution de commissions pour la surveillance de ces bateaux ;

Vu l'arrêté ministériel du 23 mai 1893 (*), qui a institué la commission de surveillance du port de Saint-Malo, et notamment l'article 3 fixant les limites territoriales dans lesquelles s'exerce l'action de cette commission ;

Vu les propositions concertées entre les ingénieurs en chef du service maritime des départements des Côtes-du-Nord et d'Ille-et-Vilaine ;

Sur la proposition du conseiller d'État, directeur des routes, de la navigation et des mines ;

Arrête :

Art. 1er. — L'article 3 de l'arrêté ministériel du 23 mai 1893, relatif à l'institution de la commission de surveillance de Saint-Malo, est modifié comme suit :

Art. 3. — *La surveillance exercée par cette commission s'étendra en dehors du port où elle est instituée, sur tout le littoral maritime du département d'Ille-et-Vilaine et sur tous les ports de la Rance maritime.*

Art. 2. — L'ingénieur ordinaire chargé du 2e arrondissement du service maritime du département des Côtes-du-Nord est nommé membre de la commission de surveillance de Saint-Malo ; il ne prendra part aux travaux de cette commission que pour les affaires intéressant les ports situés dans sa circonscription.

Art. 3. — Ampliation du présent arrêté sera adressée au préfet du département qui est chargé d'en assurer l'exécution.

Paris, le 2 décembre 1898.

C. KRANTZ.

(*) Volume de 1893, p. 311.

Décret du Président de la République, du 29 décembre 1898, désignant les ingénieurs en chef des ponts et chaussées et des mines comme ordonnateurs secondaires du ministère des travaux publics, aux lieu et place des préfets.

RAPPORT

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Paris, le 29 décembre 1898.

Monsieur le Président,

Préoccupé d'apporter, dans l'organisation du ministère des travaux publics et des services qui en dépendent, toutes les simplifications pouvant se concilier avec une bonne administration des intérêts de l'État, j'ai institué auprès de mon département une commission chargée de rechercher ces simplifications et de proposer les mesures à prendre pour les réaliser.

Le programme tracé à cette commission comportait l'examen des formes actuelles de la comptabilité, telles qu'elles ont été fixées par les règlements des 16 septembre 1843 et 28 septembre 1849.

Dès sa première séance, la commission dont il s'agit a reconnu que le règlement de 1849, par son article 7, avait créé pour l'ordonnancement des dépenses un double rouage dont la conséquence avait été d'augmenter sensiblement les écritures demandées aux ordonnateurs secondaires, sans que cet inconvénient fût racheté par aucun avantage appréciable.

Le système organisé par ce règlement consiste, en effet, à considérer les préfets comme seuls titulaires des crédits de délégation pour le ministère des travaux publics, tout en faisant remplir effectivement les fonctions d'ordonnateurs secondaires par les ingénieurs en chef des ponts et chaussées, qui doivent alors rendre compte aux préfets, auxquels ils sont subordonnés, de toutes les opérations faites par eux en qualité de sous-ordonnateurs.

Or le contrôle de ces opérations ne peut, en réalité, être exercé d'une manière efficace que par les trésoriers-payeurs généraux chargés d'effectuer les payements, ou par les bureaux de l'administration centrale d'où émanent tous les actes de délégation des crédits.

Le rôle du préfet comme ordonnateur secondaire des dépenses du ministère des travaux publics se trouve ainsi réduit et est, en quelque sorte, purement nominal.

Il nécessite cependant de nombreuses écritures dans les bureaux des préfectures ou dans ceux des ingénieurs en chef et entraîne, en outre, des pertes de temps, en obligeant les ingénieurs en chef à faire passer par les préfectures toutes les pièces de comptabilité destinées à l'administration centrale.

D'après ces considérations et après avoir pris l'avis de M. le président du conseil, ministre de l'intérieur, ainsi que celui de M. le ministre des finances, j'ai pensé qu'il convenait d'apporter au régime de l'ordonnancement des dépenses du ministère des travaux publics une modification profonde.

Cette modification sera réalisée en décidant qu'à partir de l'exercice 1899 les ingénieurs en chef des ponts et chaussées et les ingénieurs en chef des mines seront titulaires, aux lieu et place des préfets, des crédits de délégation.

J'ai l'honneur de vous proposer, en conséquence, de vouloir bien revêtir de votre approbation le projet de décret ci-joint.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'hommage de mon profond respect.

Le Ministre des travaux publics,
C. KRANTZ.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu les articles 58 du règlement du 16 septembre 1843 sur la comptabilité du ministère des travaux publics et 7 du règlement du 28 septembre 1849 sur la même comptabilité,

Décrète :

Art. 1er. — Les ingénieurs en chef des ponts et chaussées et les ingénieurs en chef des mines seront, à partir de l'exercice 1899, ordonnateurs secondaires du département des travaux publics, aux lieu et place des préfets.

Art. 2. — Sont rapportées les dispositions contraires des règlements précités des 16 septembre 1843 et 28 septembre 1849.

Fait à Paris, le 29 décembre 1898.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,
C. KRANTZ.

Décret du Président de la République, du 31 décembre 1898, rendant exécutoire, en France, l'arrangement international conclu, le 24 octobre 1898, entre la France, la Belgique, le Luxembourg et les Pays-Bas, relativement au transport, par chemins de fer, de certaines marchandises.

Le Président de la République française,
Sur la proposition du ministre des affaires étrangères,
Décrète :

Art. 1er. — Un arrangement international relatif au transport de certaines marchandises par chemins de fer ayant été signé à Paris, le 24 octobre 1898, entre la France, la Belgique, le Luxembourg et les Pays-Bas, et les ratifications de cet acte ayant été déposées à Paris le 27 décembre 1898, ledit arrangement, dont la teneur suit, recevra sa pleine et entière exécution :

Les gouvernements de la République française, de la Belgique, du Luxembourg et des Pays-Bas, usant de la faculté qui leur est accordée par l'article 1er et la disposition finale de l'article 2 de l'arrangement, en date du 16 juillet 1895 (*), additionnel à la convention internationale de Berne du 14 octobre 1890 (**), concernant le transport de marchandises par chemins de fer, ont résolu de conclure un arrangement spécial relativement au transport de certaines marchandises et sont convenus de ce qui suit :

Art. 1er. — Sont admis au transport international les objets désignés ci-après, en provenance du territoire de l'un des États contractants et à destination du territoire d'un autre État contractant, par les lignes de chemins de fer soumises à l'application de la convention de Berne et aux conditions générales de cette convention et dudit arrangement additionnel pour tout ce qui n'est pas réglé par les conditions suivantes :

I

Or et argent en lingots, platine, valeur monnayée ou en papier, plaqués d'or ou d'argent, mercure, papiers importants, pierres précieuses, perles fines, bijoux et autres objets précieux, broderies et dentelles.

Ces transports sont régis par les dispositions spéciales suivantes :

Pour être admis au transport, les finances et articles déclarés à la valeurs, tels que les plaqués d'or ou d'argent, le mercure, les perles

(*) Volume de 1896, p. 6.
(**) Volume de 1894, p. 30.

fines, les dentelles et broderies, etc., doivent être renfermés dans des sacs, sacoches, groups, caisses, boîtes ou barils.

Le transport à découvert est interdit d'une manière absolue.

Envois en sacs, sacoches ou groups.

Les sacs, sacoches ou groups seront entièrement cousus en dedans et parfaitement conditionnés, c'est-à-dire ni déchirés ni raccommodés.

L'issue de ces sacs, sacoches ou groups sera fermée au moyen d'une corde ou ficelle intacte (par conséquent sans épissure ni allonge), dont le nœud sera recouvert d'un cachet à la cire et dont les bouts seront maintenus sur une fiche flottante par un cachet semblable. A défaut de cachet, les bouts de la corde ou ficelle pourront être, près du nœud, introduits dans un plomb.

Envois en boîtes, caisses ou barils.

Les boîtes, caisses ou barils seront cloués ou cerclés avec solidité et ne devront présenter aucune trace d'issue refermée ni de fracture.

Les boîtes et caisses seront fortement liées au moyen d'une corde d'un seul morceau placée en croix avec cachets à la cire ou plombs en nombre nécessaire pour assurer l'inviolabilité des colis. Une ficelle, appliquée en croix aux deux extrémités de chaque baril, y sera maintenue au moyen de cachets à la cire ou de plombs.

Les envois de dentelles et broderies qui n'auront pas lieu dans des sacoches ou dans des caisses ne seront reçus que si ces marchandises sont renfermées dans une enveloppe en toile cirée.

Billets de banque, titres de rentes, actions, obligations, coupons d'intérêt ou de dividende.

Les envois de l'espèce devront être présentés au transport dans des sacs, boîtes ou caisses, ou former des paquets revêtus d'enveloppes intactes en papier ciré ou goudronné ou en toile cirée.

Toutefois les valeurs présentées sous enveloppe en tout autre papier pourront être acceptées si, sous le rapport de la solidité et du conditionnement, les enveloppes ne laissent rien à désirer.

Tout paquet devra être clos au moyen de cachets à la cire en nombre suffisant (trois au moins) pour en assurer l'inviolabilité.

Déclaration.

La lettre de voiture devra mentionner la valeur de l'article et porter un cachet à la cire ou un plomb conforme à celui apposé sur l'article.

Les adresses devront être lisiblement écrites ; elles ne pourront être ni cousues, ni collées, ni clouées, afin qu'elles ne puissent dissimuler aucune trace d'issue refermée ou de fracture. Elles pourront être soit inscrites sur les colis, soit attachées à ces colis au moyen d'une ficelle.

La déclaration de la valeur de l'article sera mentionnée d'une manière très lisible sur l'adresse.

Les initiales, légendes, armoiries, raisons sociales ou noms d'établissements, empreints sur les cachets à la cire ou sur les plombs apposés sur les sacs, sacoches, boîtes, groups, caisses, barils, paquets, devront être parfaitement lisibles et distincts.

Les empreintes à grilles et celles faites avec des pièces de monnaie sont formellement exclues.

Responsabilités.

En cas de perte totale du colis, l'indemnité due par le chemin de fer sera égale au montant de la valeur déclarée, augmentée des frais de transport et des frais de douanes acquittés postérieurement à l'envoi.

En cas de manquant ou d'avarie, le chemin de fer payera le montant de la dépréciation calculée sur la même base.

La déclaration d'intérêt à la livraison n'est pas admise.

II

Objets d'art, tels que tableaux, statues, bronzes d'art, antiquités.

Il n'est admis ni déclaration de valeur ni déclaration d'intérêt à la livraison.

En cas de perte ou d'avarie, l'indemnité due par le chemin de fer ne dépassera pas 1 fr. 50 par kilogramme de poids brut, sauf le cas où, par des tarifs communs régulièrement approuvés par les autorités compétentes de chaque État, deux ou plusieurs administrations de chemins de fer accepteraient une responsabilité plus étendue.

III

Guano et engrais artificiels.

Le guano et les engrais artificiels sont admis au transport sans aucune condition spéciale.

Art. 2. — La concession de conditions moins rigoureuses que celles stipulées par le présent arrangement pour les objets visés par les trois premiers alinéas de l'article 1er de l'arrangement du 16 juillet 1895, additionnel à la convention internationale de Berne, du 14 octobre 1890, pourra faire, dans les relations de deux ou plusieurs États contractants, l'objet de tarifs élaborés par les administrations de chemins de fer intéressées, à ce dûment autorisées, à la condition que ces tarifs soient approuvés par toutes les autorités compétentes.

Art. 3. — La convention spéciale conclue à Paris, le 9 août 1893 (*), entre les autres parties contractantes est et demeure abrogée.

Art. 4. — Le présent arrangement sera ratifié et les ratifications en

(*) Volume de 1894, p. 19.

seront échangées à Paris, aussitôt que faire se pourra. Il entrera en vigueur un mois après la date de l'échange desdites ratifications et aura la même durée que la convention internationale signée à Berne, le 14 octobre 1890, concernant le transport de marchandises par chemins de fer.

En foi de quoi, les soussignés, savoir : M. Delcassé, ministre des affaires étrangères de la République française ; M. le baron d'Anethan, envoyé extraordinaire et ministre plénipotentiaire de S. M. le roi des Belges près le Président de la République française ; M. Vannerus, chargé d'affaires du Luxembourg, à Paris ; et M. de Weede, chargé d'affaires des Pays-Bas, à Paris, dûment autorisés à cet effet, ont dressé le présent arrangement spécial, qu'ils ont revêtu de leurs cachets.

Fait, en quatre exemplaires, à Paris, le 24 octobre 1898.

(*LL. SS.*) Signé : DELCASSÉ.
Bon D'ANETHAN.
VANNERUS.
DE WEEDE.

Art. 2. — Le ministre des affaires étrangères est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 31 décembre 1898.
FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des affaires étrangères,
DELCASSÉ.

EAUX MINÉRALES.

(*Arrêtés du Ministre de l'intérieur.*)

I. — *État des sources d'eau minérale dont l'exploitation et la vente ont été autorisées pendant l'année* 1898.

DÉPARTEMENTS	COMMUNES où sont situées les sources	NOMS DES SOURCES	DATES des arrêtés d'autorisation.
			1898
Allier	Cusset	Source Regina	15 décem.
	Saint-Victor	— Muret-Varennes	27 janvier.
	Saint-Yorre	— la Française	id.
	id.	— Richelieu	id.
	id.	— des Souverains n° 2	id.
	id.	— du Bon-Pasteur	14 mai.
	id.	— Pelletier	id.
	id.	— Bravy	28 juin.
	id.	— Molière	id.
Ardèche	Genestelle	— Avellan	14 décem.
Aude	Rennes-les-Bains	— Gieulles (*)	id.
Cantal	Apchon	— Saint-Eloi	14 mai.
Gard	Allègre	— des Nymphes (*)	27 janvier.
Loire	Saint-Galmier	Sources Romaines II et III	2 août.
Haute-Loire	St-Julien-des-Chazes.	Source des Orgues	14 mai.
Puy-de-Dôme	Chanonat	— Fontrouge	14 décem.
	St-Priest-Bramefant.	— Roussel	28 juin.
Hautes-Pyrénées.	Tramezaygues	— la Reine ferrugineuse	id.
Vienne	La Roche-Posay	Sources Saint-Savin, Saint-Cyprien et Duguesclin	28 février.
Algérie	Mouzaïaville	Source Aïn-Messalah	27 janvier.
	Saint-Leu	— du Lac Moulah	id.

II. — *Changements de noms.*

DÉPARTEMENTS	COMMUNES	ANCIENS NOMS	NOUVELLES dénominations	DATES d'autorisations des changements de noms
				1898
Ardèche	Vals-les-Bains	Source Effervescente (**)	Source Phénix	31 mars.

(*) L'exploitation aura lieu exclusivement sur place; l'eau ne pourra être transportée.
(**) Source autorisée par arrêté du 26 avril 1887.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

BATEAUX A VAPEUR. — PERMIS DE NAVIGATION DES BATEAUX DESTINÉS A NAVIGUER ALTERNATIVEMENT EN EAU DOUCE ET SUR MER.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 19 décembre 1898.

Monsieur le Préfet, aux termes des règlements sur la matière, les bateaux à vapeur affectés alternativement à la navigation fluviale et à la navigation maritime sont soumis à la fois aux prescriptions du décret du 9 avril 1883 (*) relatif aux bateaux à vapeur, qui naviguent sur les fleuves et rivières, et à celles du décret du 1er février 1893 (**), portant règlement d'administration publique pour les appareils à vapeur placés à bord des bateaux qui naviguent dans les eaux maritimes ; ils doivent, dès lors, être nantis d'un permis spécial pour chacun des deux modes de navigation et sont tenus de subir, successivement, devant les deux commissions de surveillance compétentes, les épreuves, visites et vérifications prévues par le décret réglementaire correspondant.

Il m'a paru que ces formalités pourraient être simplifiées sans inconvénient en ce qui concerne les yachts de plaisance et autres embarcations à vapeur de faible tonnage qui, le plus souvent, ont leur lieu de stationnement habituel sur les fleuves et rivières et ne sont appelés qu'accidentellement à prendre la mer.

Après avoir pris, à ce sujet, l'avis de la commission centrale des machines à vapeur, j'ai décidé que les bateaux à vapeur de cette catégorie, yachts et embarcations de faible tonnage, destinés à naviguer alternativement dans les eaux fluviales et dans les

---

(*) Volume de 1883, p. 209.
(**) Volume de 1893, p. 21.

eaux maritimes, auront la faculté de se pourvoir des deux permis de navigation, qui leur sont nécessaires pour effectuer les deux genres de navigation, auprès du préfet du département où est situé, soit leur port d'armement, soit le port à partir duquel ils commencent un trajet au cours duquel ils auront à quitter le domaine de la navigation fluviale pour entrer dans celui de la navigation maritime, et *vice versa*. La double demande sera instruite, aux deux points de vue, par la commission de surveillance exerçant son action dans le port.

Il doit être entendu que les deux permis n'en resteront pas moins distincts ; chacun d'eux conservera la portée qui lui est propre, et la commission de surveillance devra se conformer, dans l'instruction de chacune des deux parties de l'affaire, au cadre tracé par le règlement correspondant.

Les présentes dispositions s'appliquent, d'ailleurs, non seulement à la délivrance ou au renouvellement du permis de navigation, mais encore aux diverses formalités intéressant la surveillance et prévues par les règlements, épreuves, visites annuelles, etc.

Je vous prie de vouloir bien m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse directement ampliation à MM. les présidents des commissions de surveillance.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
C. KRANTZ.

COMPTABILITÉ. — DÉSIGNATION DES INGÉNIEURS EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES INGÉNIEURS EN CHEF DES MINES COMME ORDONNATEURS SECONDAIRES.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 30 décembre 1898.

Monsieur le Préfet, le règlement de comptabilité du ministère des travaux publics du 16 septembre 1843 (art. 58) avait désigné les préfets comme ordonnateurs secondaires de ce département et les avait chargés, à ce titre, d'émettre les mandats de payement pour l'acquittement de toutes les dépenses des ponts et chaussées et des mines (art. 79).

Ce régime d'ordonnancement et de mandatement présentait de sérieux inconvénients, qui furent atténués en grande partie par les dispositions du règlement du 28 septembre 1849, aux termes desquelles les mandats de payement concernant les dépenses du service des ponts et chaussées sont délivrés par les ingénieurs en chef (art. 7).

Mais la réforme ainsi accomplie n'était pas complète. Les préfets demeuraient, en effet, titulaires des crédits de délégation qui étaient sous-délégués aux ingénieurs en chef, et ils restaient chargés, en cette qualité, de rendre compte de leur emploi par les sous-ordonnateurs.

En recherchant les simplifications qui pourraient être introduites dans les divers rouages de l'administration des travaux publics, il m'a paru que, depuis le règlement de 1849, le rôle du préfet comme ordonnateur secondaire n'était plus qu'une sorte de fiction, laquelle cependant astreignait les bureaux des préfectures comme ceux des ingénieurs en chef à de nombreuses écritures sans aucune utilité pour le contrôle des opérations de comptabilité.

Les formalités ou écritures sans véritable utilité sont un des principaux empêchements à la rapide expédition des affaires, et leur suppression doit être poursuivie comme une des premières réformes à réaliser dans tous les services publics.

En conséquence, et après m'être concerté avec M. le président du conseil, ministre de l'intérieur, et avec M. le ministre des finances, j'ai fait signer par M. le Président de la République un décret portant la date du 29 décembre 1898 et désignant les ingénieurs en chef des ponts et chaussées et les ingénieurs en chef des mines comme ordonnateurs secondaires du département des travaux publics, aux lieu et place des préfets.

Par suite de ce décret, dont vous trouverez ci-après le texte (*) vous ne serez plus considéré, Monsieur le Préfet, comme titulaire des crédits de délégation sous-délégués aux ingénieurs en chef des ponts et chaussées, et vous n'aurez plus à procéder au mandatement des dépenses concernant les services des mines. Mais vos attributions effectives comme représentant du gouvernement de la République et comme chef des diverses administrations locales dépendant du ministère des travaux publics sont maintenues dans toute leur étendue, et, en ce qui concerne notamment les allocations budgétaires qui seront accordées dans votre

(*) Voir *suprà*, p. 546.

département, je ne manquerai pas de vous aviser, comme par le passé, des décisions qui seront prises.

Les dispositions du décret du 29 décembre 1898 recevront leur exécution à partir du 1er janvier pour l'exercice 1899. Elles ne seront pas applicables à la liquidation de l'exercice 1898 pour lequel les anciennes dispositions des règlements des 16 septembre 1843 et 28 septembre 1849 continueront d'être en vigueur.

A partir du 1er janvier 1899, MM. les ingénieurs en chef devront me faire parvenir directement, sans passer par votre intermédiaire, les pièces de comptabilité mensuelles, trimestrielles ou annuelles dont la production est prescrite par les règlements ou par les instructions.

Les situations sommaires (mod. 23) et les états continuatifs (mod. 24) devaient vous être adressés au plus tard le 12 de chaque mois. Les délais accordés aux fonctionnaires et agents des ponts et chaussées pour recueillir et coordonner à la fin de chaque mois les résultats produits par l'exécution des services, au point de vue de la dépense, n'ont pas paru toujours suffisants. J'ai décidé que MM. les ingénieurs en chef auraient à l'avenir jusqu'au 15 de chaque mois, dernier délai, pour établir leurs situations mensuelles.

Comme conséquence du changement apporté dans la délégation des crédits, MM. les ingénieurs en chef des ponts et chaussées n'auront plus à vous remettre à la fin de chaque mois le bordereau (mod. 29) par lequel ils vous rendaient compte de l'emploi des ordonnances qui leur étaient sous-déléguées, et, de votre côté, vous vous trouverez dispensé de m'adresser le relevé mensuel dont il est parlé à l'article 59 du règlement du 28 septembre 1849.

En ce qui concerne les services des mines pour lesquels MM. les ingénieurs en chef auront à pourvoir, dorénavant, au mandatement des dépenses effectuées, je prends les mesures nécessaires pour qu'ils reçoivent prochainement des instructions dans lesquelles seront tracées les règles qu'ils devront suivre pour ces opérations et pour la tenue de leur comptabilité. En même temps je leur ferai parvenir les formules imprimées dont ils devront faire usage.

J'adresse ampliation de la présente circulaire à MM. les ingénieurs en chef.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
C. Krantz.

TUNISIE.

Décret beylical, du 1er décembre 1898, sur la recherche et l'exploitation des phosphates de chaux dans les terrains domaniaux ou habous.

Nous ALI-PACHA-BEY, possesseur du royaume de Tunis,

Vu l'article 3 du décret du 10 mai 1893(*), qui classe les gîtes de phosphates de chaux dans les carrières;

Considérant qu'il y a lieu, dans l'intérêt du développement industriel de la Régence, de réglementer les travaux de recherches et d'exploitation dans les terrains domaniaux, les terrains habous publics et les terrains habous privés ;

Sur le rapport et la proposition de notre directeur général des travaux publics,

Avons pris le décret suivant :

Art. 1er. — La recherche et l'exploitation des phosphates de chaux situés dans les terrains domaniaux, habous publics et habous privés, sont soumises aux règles du présent décret.

TITRE PREMIER.

DES RECHERCHES.

Art. 2. — Dans les terrains ci-dessus indiqués, nul ne pourra faire des recherches de phosphates de chaux sans une autorisation spéciale donnée par arrêté du directeur général des travaux publics.

Art. 3. — L'autorisation est personnelle. Elle ne peut être délivrée qu'à un individu ou à une personne morale; elle confère à son titulaire un droit exclusif de rechercher des phosphates dans le périmètre qu'elle fixe.

Elle est accordée pour une année et peut être renouvelée par période d'un an de durée.

L'autorisation ne peut être cédée à un tiers sans approbation donnée par arrêté du directeur général des travaux publics.

Si les terrains pour lesquels l'autorisation a été délivrée viennent à être englobés dans le périmètre d'une amodiation de

---

(*) Volume de 1893, p. 513.

gisements de phosphates, elle est annulée de plein droit un mois après l'insertion au *Journal officiel* de l'annonce de cette amodiation.

Art. 4. — L'arrêté d'autorisation pourra stipuler, sur avis conforme du conseil des ministres, que les gisements compris dans le périmètre accordé n'ouvriront pas en faveur de l'explorateur le droit d'invention défini par le titre ci-dessous.

Art. 5. — Les travaux de recherches de phosphates sont soumis à la surveillance du service des mines.

TITRE II.

DE L'INVENTION D'UN GISEMENT DE PHOSPHATES DE CHAUX ET DES DROITS DE L'EXPLORATEUR.

Art. 6. — L'explorateur qui, dans le périmètre où il a été autorisé à faire des recherches sous le régime du présent décret, découvre un gisement de phosphates de chaux dans des conditions de richesse ou dans un éloignement de tous autres gîtes connus, tels que cette découverte puisse être considérée comme une invention nouvelle, pourra, si aucune réserve spéciale à ce sujet n'a été faite lors de la délivrance de l'autorisation de recherches, réclamer un privilège d'inventeur d'après les dispositions arrêtées par les règlements pris en conformité du présent décret.

Il en est de même de l'explorateur qui, nanti d'une autorisation régulière de recherches antérieure au présent décret, a découvert un gisement de phosphates de chaux dans les conditions ci-dessus indiquées.

Art. 7. — La reconnaissance d'un privilège d'invention ne confère aucun droit sur le gisement ; elle donne simplement à l'explorateur déclaré inventeur le droit à une partie des redevances à recouvrer par le gouvernement tunisien, ainsi qu'il sera dit à l'article 11, sur toute amodiation comprise dans le périmètre pour lequel ce droit aura été admis.

L'explorateur, qu'il ait été déclaré ou non inventeur, pourra, à la condition expresse que les recherches aient été faites en vertu d'une autorisation régulière, se faire rembourser par l'amodiataire, d'après les dispositions arrêtées par les règlements pris en conformité du présent décret, celles de ses dépenses reconnues avoir été faites dans un but d'utilité.

Les décisions relatives soit à la reconnaissance du privilège d'invention, soit à la liquidation des dépenses d'exploration à rembourser par l'amodiataire éventuel ne sont susceptibles d'aucun recours sur le fond.

TITRE III.

AMODIATION ET EXPLOITATION DES GISEMENTS.

Art. 8. — L'exploitation des phosphates de chaux a lieu en vertu d'amodiations passées par voie d'adjudication.

Toute amodiation sera faite conformément aux clauses et conditions d'un cahier des charges; elle sera annoncée au moins trois mois à l'avance.

Art. 9. — Préalablement à toute adjudication, il sera procédé à l'immatriculation des terrains à amodier.

Les frais de ces opérations seront remboursés par l'amodiataire, dans le mois qui suivra la remise à lui faite d'une copie administrative du titre d'immatriculation.

Art. 10. — L'adjudication porte sur la redevance à payer au gouvernement tunisien par tonne de phosphate expédiée, en dehors du droit général prévu à l'article 16.

L'adjudicataire payera, en outre, aux explorateurs, pour leurs travaux de recherches, les indemnités prévues à l'article 7 ci-dessus.

L'obligation de ce paiement sera stipulée au cahier des charges.

Art. 11. — L'inventeur d'un gisement reçoit du gouvernement tunisien, pour les amodiations comprises dans son périmètre d'invention, le dixième des sommes encaissées par le gouvernement tunisien à titre de redevance, en vertu de l'article précédent.

Si le périmètre de l'amodiation ne porte que partiellement sur un périmètre d'invention, la part de l'inventeur, pour cette amodiation, est réduite dans la proportion de l'empiètement à la surface totale de l'amodiation.

L'inventeur n'a droit à aucune indemnité, quel que soit le retard apporté à une amodiation.

Il ne peut élever aucune réclamation sur la rédaction du cahier des charges ni sur le lotissement adopté.

Son droit cesse dans tous les cas trente ans après la date de la décision qui lui a reconnu la qualité d'inventeur.

Art. 12. — L'exploitation des phosphates est soumise à la surveillance et au contrôle du service des mines.

TITRE IV.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES A L'EXPLOITATION DES PHOSPHATES DANS LES TERRAINS HABOUS PUBLICS ET HABOUS PRIVÉS.

Art. 13. — Après défalcation des droits de l'inventeur et des frais de surveillance et de contrôle, réglés chaque année par un arrêté du directeur général des travaux publics, les sommes encaissées annuellement par le gouvernement tunisien pour les amodiations de phosphates en terrains habous publics seront remises à la Djemaïa, qui sera tenue d'en faire emploi pour le compte des fondations intéressées.

Pour les terrains habous privés, ces sommes seront remises, après les mêmes défalcations que ci-dessus, à la Djemaïa pour le compte des ayants droit.

TITRE V.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 14. — L'explorateur ou l'amodiataire doit s'entendre avec les intéressés pour l'occupation dans l'intérieur de son périmètre des terrains nécessaires à l'exécution des travaux; à défaut il ne peut les occuper qu'après l'exécution des formalités prévues en matière de mines par les articles 13 à 18 du décret du 10 mai 1893.

Art. 15. — Les routes et voies ferrées de toute nature, ainsi que les galeries et puits d'aérage ou d'écoulement nécessaires à l'exploitation des carrières de phosphates pourront être déclarées d'utilité publique.

Le bénéfice des mêmes dispositions pourra être étendu aux carrières de phosphates en terrains particuliers.

Les voies de communication créées par application des paragraphes 1 et 2 du présent article pourront être ouvertes au service public dans les conditions qui seront prévues par le décret déclaratif d'utilité publique.

Art. 16. — Il sera perçu un droit de cinquante centimes (0 fr. 50) par tonne de phosphate marchand et prêt pour la vente qui aura été extraite en Tunisie de quelque carrière que ce soit.

Ce droit ne sera pas perçu sur les phosphates employés en Tunisie.

Art. 17. — Des règlements délibérés en conseil des ministres et qui seront ensuite revêtus de notre approbation fixeront les règles d'application du présent décret.

Art. 18. — Si l'amodiataire contrevient aux dispositions imposées par le présent décret ou par les arrêtés rendus en exécution de ce décret, le directeur général des travaux publics pourra, après mise en demeure préalable, prononcer la résolution de l'amodiation par arrêté qui sera rendu sur l'avis conforme du Conseil des Ministres, sauf recours devant les tribunaux administratifs de la Régence.

Art. 19. — Le présent décret n'est pas applicable aux gisements de phosphates de chaux situés en terrains habous privés et qui seraient, à la date du présent décret, amodiés par contrats réguliers et ayant date certaine, ou faisant l'objet de litiges pendants devant les tribunaux.

Art. 20. — Notre premier ministre et le directeur général des travaux publics sont chargés d'assurer l'exécution du présent décret.

Vu pour promulgation et mise à exécution :

Tunis, le 1er décembre 1898.

Le Ministre plénipotentiaire,
Résident général de la République Française,
René MILLET.

Décret beylical, du 2 décembre 1898, approuvant le règlement général sur la recherche et l'exploitation des phosphates de chaux dans les terrains domaniaux ou habous.

Nous ALI-PACHA-BEY, possesseur du royaume de Tunis,

Vu le décret du 1er décembre 1898, sur la recherche et l'exploitation des phosphates de chaux dans les terrains domaniaux, habous publics et habous privés de la Régence, et notamment l'article 17 dudit décret ;

Vu la délibération du conseil des ministres en date du 30 novembre 1898 ;

Avons pris le décret suivant :

Art. 1er. — Est approuvé et rendu exécutoire le règlement général ci-joint pour la recherche et l'exploitation des phosphates

de chaux dans les terrains domaniaux, habous publics et habous privés de la Régence.

Art. 2. — Notre premier ministre, notre directeur général des finances, notre directeur général des travaux publics et notre directeur de l'agriculture et du commerce sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Vu pour promulgation et mise à exécution :

Tunis, le 2 décembre 1898.

Le Ministre plénipotentiaire,
Résident général de la République Française,
René MILLET.

RÈGLEMENT GÉNÉRAL

POUR L'EXÉCUTION DU DÉCRET DU 1er DÉCEMBRE 1898 SUR LES RECHERCHES ET L'EXPLOITATION DES PHOSPHATES DE CHAUX DANS LES TERRAINS DOMANIAUX, HABOUS PUBLICS ET HABOUS PRIVÉS.

TITRE PREMIER.

DES RECHERCHES.

Art. 1er. — Toute demande ayant pour objet de faire des recherches de phosphates de chaux en terrains domaniaux, habous publics ou habous privés, doit être adressée en triple expédition, dont une sur timbre, au directeur général des travaux publics qui en donne récépissé.

La demande fait connaître :

1° Les nom, prénoms, profession et domicile du demandeur ;

2° Le lieu et le caïdat où les travaux doivent être exécutés ;

3° Le périmètre sur lequel les travaux doivent porter.

Le périmètre demandé ne doit pas excéder 300 hectares et deux de ses points ne peuvent être distants de plus de trois kilomètres.

A la demande sont annexés :

1° Un plan à l'échelle de 1/10.000e donnant un aperçu général de la configuration du terrain, l'emplacement des affleurements et le tracé exact du périmètre demandé.

Ce périmètre doit être rapporté autant que possible à des points fixes. points géodésiques, sources, marabouts, etc. Le pétitionnaire sera tenu de borner à ses frais tout ou partie du périmètre à la première réquisition de l'Administration ;

2° Des échantillons de phosphates numérotés, les numéros se rapportant aux affleurements indiqués sur le plan.

Art. 2. — La demande est inscrite sous un numéro d'ordre aux date et heure de son dépôt sur un registre spécial tenu à la disposition du public.

Dans la quinzaine du dépôt de la demande, le requérant doit, à peine de perdre son droit de priorité, justifier qu'il a fait élection de domicile en Tunisie.

Art. 3. — Le directeur général des travaux publics délivre, s'il y a lieu, et suivant l'ordre de priorité, l'arrêté d'autorisation.

L'arrêté d'autorisation est inséré au *Journal officiel* de la Régence.

Dans le cas où plusieurs demandes régulières et complètes concernant le même périmètre seraient arrivées en même temps par la poste et ne seraient primées par aucune autre, les demandeurs seront avisés de cet incident par le directeur général des travaux publics et mis en demeure de s'entendre dans un délai fixé par lui pour se partager le périmètre des recherches ou pour fusionner leurs demandes. A défaut d'entente dans le délai prescrit, le Directeur général des travaux publics fera procéder, en présence des demandeurs ou de leurs délégués, ou eux dûment convoqués, à un tirage au sort pour déterminer l'ordre de priorité de leurs demandes.

Art. 4. — Le Directeur général des travaux publics arrête, après mise en demeure préalable, les fouilles qui dégénèrent en exploitation.

L'explorateur ne pourra disposer du produit de ses recherches sans une autorisation spéciale du directeur général des travaux publics.

Art. 5. — Si dans les premiers six mois, à dater de la notification de l'arrêté d'autorisation, l'explorateur n'a pas commencé des travaux réguliers de recherches, s'il a suspendu ses travaux sans aucune cause reconnue légitime ou s'il a contrevenu aux dispositions imposées par le décret du 1er décembre 1898 ou par les règlements ou arrêtés rendus en exécution de ce décret, le directeur général des travaux publics pourra, après mise en demeure préalable, retirer l'autorisation.

Dans ce cas, il ne pourra être accordé à l'explorateur déchu, pour les mêmes terrains, une nouvelle autorisation de recherches dans les trois années qui suivront la date de l'arrêté de déchéance.

TITRE II.

DE L'INVENTION D'UN GISEMENT DE PHOSPHATES DE CHAUX ET DES DROITS DE L'EXPLORATEUR.

Art. 6. — Toute demande ayant pour objet soit de faire établir un privilège d'invention pour des gisements de phosphates de chaux, soit de faire liquider les droits éventuels à indemnité pour travaux de recherches utilement faits, doit, à peine de forclusion, être présentée par l'explorateur :

1° Pour les autorisations délivrées postérieurement au présent décret, avant l'expiration du délai d'autorisation de recherches ;

2° Pour les autorisations régulièrement délivrées antérieurement au présent décret :

a) S'il y a lieu à l'enquête prévue à l'article 7 ci-dessous, avant l'expiration du délai de recevabilité des oppositions ;

b) Si l'amodiation des gisements est mise en adjudication sans avoir donné lieu à l'enquête prévue à l'article 7 ci-dessous, avant l'expiration d'un délai d'un mois compté à partir de l'insertion au *Journal officiel* de l'annonce de l'amodiation.

La demande est adressée en triple expédition, dont une sur timbre, au directeur général des travaux publics qui en donne récépissé.

La demande fait connaître les travaux exécutés, la richesse du gîte découvert, son étendue et sa puissance.

Elle doit spécifier suivant le cas, soit les limites du périmètre pour lequel le privilège d'inventeur est réclamé, soit l'énumération et le coût, avec pièces justificatives à l'appui, des travaux de recherches susceptibles d'ouvrir à l'explorateur le droit éventuel à indemnité prévu par les articles 7 et 10 du décret du 1er décembre 1898.

Elle contient élection de domicile en Tunisie.

La demande est accompagnée d'un plan de surface à l'échelle de 1/10.000e fourni en triple expédition et sur lequel sont portés les travaux exécutés, l'allure du gîte et, s'il y a lieu, les limites du périmètre dans lequel le privilège d'invention est réclamé.

Art. 7. — La demande est inscrite à sa date sur un registre spécial tenu à la disposition du public.

Le directeur général des travaux publics envoie une copie de la demande en arabe et en français au contrôleur civil et au Caïd du territoire dans lequel sont situés les travaux.

Le contrôleur civil et le caïd accusent immédiatement réception de cette pièce au directeur général des travaux publics.

L'affichage de cette demande au contrôle est assuré, sans délai, par les soins du contrôleur civil, et sa publication dans les divers marchés du caïdat est faite à la diligence du caïd.

Au reçu de l'accusé de réception du contrôleur civil et du caïd, le directeur général des travaux publics fait insérer au *Journal officiel* arabe et français un extrait de la demande. Les frais de cette insertion sont à la charge du demandeur.

Art. 8. — Les oppositions auxquelles la demande peut donner lieu sont reçues par le contrôleur civil, le caïd ou le directeur général des travaux publics, pendant une période d'un mois à dater de l'insertion de la demande à l'*Officiel*. Passé ce délai, elles sont frappées de forclusion.

Les opposants font élection de domicile en Tunisie et sont tenus de signifier leurs oppositions au requérant par note extra-judiciaire.

A l'expiration du délai d'un mois à dater de l'insertion de la demande

à l'*Officiel*, le contrôleur civil et le caïd transmettent au directeur général des travaux publics les oppositions qui leur ont été remises ou un certificat négatif.

Art. 9. — Dans un délai de trois mois à dater de la clôture de l'enquête, le directeur général des travaux publics statue par un arrêté rendu sur l'avis conforme du conseil des ministres.

TITRE III.

DE L'AMODIATION ET DE L'EXPLOITATION DES PHOSPHATES.

Art. 10. — Les adjudications sont préparées par le directeur général des travaux publics avec le concours des administrations intéressées.

Les lots à adjuger sont abornés avant l'adjudication s'il est reconnu nécessaire.

Art. 11. — L'avis de la mise en adjudication de l'amodiation d'un gisement de phosphates est publié trois mois au moins à l'avance dans le *Journal officiel* de la Régence et affiché pendant trois mois consécutifs au contrôle civil dans la circonscription duquel se trouvent les gîtes à amodier.

Le directeur général des travaux publics emploie tous autres moyens de publicité qu'il juge utiles.

Le cahier des charges et le dossier de l'adjudication sont mis à la disposition du public à la direction générale des travaux publics (service des mines).

Art. 12. — Le cahier des charges fixe :

1° Les limites entre lesquelles le droit d'exploiter est accordé ;

2° La durée de l'amodiation, qui ne pourra excéder cinquante ans ;

3° L'extraction minimum à laquelle l'amodiataire sera astreint pendant les périodes successives de son amodiation ;

4° Les installations, travaux et ouvrages que l'amodiataire devra exécuter en cours d'amodiation, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du périmètre, et ceux qu'il devra laisser à la fin de l'amodiation.

Art. 13. — L'adjudication a lieu sur soumissions cachetées.

Les concurrents doivent, un mois à l'avance, justifier de leurs facultés.

La liste des concurrents est arrêtée par le directeur général des travaux publics sur l'avis conforme du conseil des ministres. Cette décision n'est susceptible d'aucun recours.

L'adjudication n'est définitive qu'après approbation par décret.

Un plan du lot adjugé est remis à l'amodiataire ; un double reste entre les mains de l'administration.

Art. 14. — Tout amodiataire doit exploiter suivant les règles de l'art en évitant les travaux susceptibles d'être une cause de gaspillage du gîte dans le présent ou de ruine dans l'avenir.

Aucun amodiataire ne peut céder son droit à l'exploitation des phosphates qu'avec l'autorisation du directeur général des travaux publics, accordée sur l'avis conforme du conseil des ministres. Il reste responsable de son cessionnaire vis-à-vis du gouvernement tunisien.

L'amodiataire est responsable, en regard de tous intéressés, des dommages directs et matériels produits par ses travaux.

L'amodiation est résiliée de plein droit, sans mise en demeure préalable, pour retard de plus de six mois dans le paiement de la redevance prévue à l'article 10 du décret du 1er décembre 1898, ou pour inobservation de la clause de l'extraction minimum, à moins de dispense obtenue au préalable du directeur général des travaux publics, et sans qu'en aucun cas la redevance à payer annuellement puisse être inférieure à celle correspondant à ce minimum d'extraction, le tout sauf recours devant les tribunaux administratifs.

Le gouvernement tunisien ne donne aucune garantie en ce qui concerne les ressources du gîte et ne peut encourir aucune responsabilité de ce chef, pas plus que pour erreur dans la désignation de la contenance superficielle.

En fin d'amodiation, pour quelque cause qu'elle survienne, il n'est dû par le gouvernement tunisien aucune indemnité pour les ouvrages souterrains faits par l'amodiataire. Le gouvernement tunisien aura la faculté de reprendre, à dire d'experts, les autres installations fixes ou établies à demeure par l'amodiataire, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du périmètre qui lui a été attribué, l'amodiataire pouvant toujours, sauf stipulation contraire du cahier des charges, disposer des approvisionnements, de l'outillage et du matériel mobile lui appartenant.

Art. 15. — Un décret, délibéré en conseil des ministres, sur le rapport du directeur général des travaux publics, peut accorder, sans adjudication nouvelle, à titre exceptionnel, pour une durée maxima de dix ans, une prorogation à l'amodiataire dont le bail serait sur le point d'expirer, et cela moyennant la redevance stipulée au cahier des charges de l'amodiation.

Tunis, le 2 décembre 1898.

Le Directeur général des travaux publics,
PAVILLIER.

TRAVAIL DES ENFANTS ET DES FEMMES DANS LES MINES, MINIÈRES ET CARRIÈRES.

(ANNÉE 1897.)

RAPPORT

DE LA

COMMISSION SUPÉRIEURE DU TRAVAIL DANS L'INDUSTRIE

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

(EXTRAIT.)

Comme les années précédentes, nous résumons dans cette note, d'après les rapports des ingénieurs en chef des mines, les résultats de l'application de la loi du 2 novembre 1892 aux mines, minières et carrières et à leurs dépendances. A cause des particularités de l'industrie extractive et de la surveillance spéciale qu'y exercent, pour d'autres objets, les ingénieurs des mines, la loi du 2 novembre 1892 a, en effet, stipulé (art. 17) que le soin de son application serait, pour cette industrie, confié à ces ingénieurs.

Statistique des établissements et de leur personnel. — La statistique de l'industrie extractive, en 1897, pour l'application de la loi du 2 novembre 1892 s'établit comme suit :

DÉSIGNATION	NOMBRE	PERSONNEL			PROPORTION du personnel protégé au personnel total	
		Protégés	Adultes (hommes)	Total	En 1897	En 1896
					P. 100	P. 100
Mines exploitées	450	24.112	134.057	158.169	15.2	15.2
Minières souterraines	14	36	241	277	»	»
Minières à ciel ouvert	110	86	1.213	1.299	»	»
Carrières souterraines continues	1.659	1.555	16.809	18.364	8.4	8.9
Carrières souterraines temporaires	2.837	279	3.578	3.857	7.2	6.4
Carrières à ciel ouvert continues	10.623	3.333	50.941	54.274	6.1	5.7
Carrières à ciel ouvert temporaires	25.010	1.938	50.302	52.240	3.7	3.9
Total	40.703	31.339	257.141	288.480	10.8	»
Total en 1896	40.647	30.594	252.613	283.207	»	10.8

Nous devons rappeler les différences profondes qui existent entre la consistance des diverses exploitations réunies dans le tableau précédent. Le personnel moyen occupé par mine ressort à plus de 300, tandis qu'il est à peine de 2 pour les carrières temporaires, et alors que le travail dure toute l'année dans les mines, il n'a qu'une durée souvent fort courte dans les carrières temporaires.

La proportion du personnel protégé a, dans l'ensemble, suivi exactement l'accroissement du personnel total. Il en est notamment ainsi pour les mines. On ne doit pas attacher trop d'importance aux quelques variations en sens divers que le tableau indique pour les carrières. Elles peuvent tenir à de simples incertitudes dans le relevé de chiffres qu'il est très difficile d'avoir exactement, par suite de la nature même de ces entreprises, de l'impossibilité de les visiter toutes dans l'année et de la variation de la consistance du personnel suivant les époques.

Au demeurant, les chiffres qui précèdent montrent que la question continue à n'avoir d'intérêt véritable que pour les mines.

Le personnel protégé s'y rencontre dans les conditions indiquées par le tableau suivant :

DÉSIGNATION		AU FOND		AU JOUR		TOTAL	
		en 1897	en 1896	en 1897	en 1896	en 1897	en 1896
Enfants de 12 à 13 ans.	Garçons...	12	6	29	41	41	47
	Filles......	»	»	3	»	3	»
Enfants de 13 à 15 ans.	Garçons...	5.393	4.931	4.105	4.272	9.498	9.203
	Filles......	»	»	1.353	1.257	1.353	1.257
Enfants de 16 à 18 ans.	Garçons...	6.315	6.040	2.274	2.272	8.589	8.312
	Filles......	»	»	1.098	1.024	1.098	1.024
Filles mineures de 18 à 21 ans.......		»	»	983	1.022	983	1.022
Femmes majeures..................		»	»	2.547	2.729	2.547	2.729
Totaux................		17.720	10.977	12.392	12.617	24.112	23.59[illegible]
Proportion p. 100 du personnel total (fond et jour compris)...........		7.4	7.»	7.8	8.2	15.2	15.2

Ainsi, si la proportion totale du personnel protégé est restée la même dans les mines, celle du personnel occupé au fond a augmenté, tandis que la proportion du personnel occupé au jour diminuait. En chiffres absolus, le nombre du personnel protégé au jour est même moindre en 1897 qu'en 1896, et la diminution porte surtout sur les filles et les femmes comme le montre le tableau suivant :

DÉSIGNATION	PROPORTION P. 100 par rapport au personnel total en 1897	PROPORTION P. 100 par rapport au personnel total en 1896
Enfants de 12 à 13 ans	0.03	0.03
Enfants de 13 à 15 ans	6.85	6.74
Enfants de 16 à 18 ans	6.11	6.03
Filles mineures de 18 à 21 ans	0.61	0.65
Femmes majeures	1.60	1.75
Total	15.20	15.20

Ces variations tiennent principalement sans doute aux circonstances économiques de l'industrie houillère en 1897. L'extraction et, par suite, le personnel, se sont accrus dans le Nord plus que dans le Centre et le Midi, et c'est dans le Nord que l'on emploie le plus d'enfants, et notamment au fond. D'autre part, l'augmentation de la production a porté relativement plus sur les charbons industriels que sur ceux de chauffage domestique, c'est-à-dire plus sur les charbons sans préparation que sur les charbons préparés; et c'est surtout aux préparations qu'est occupé le personnel protégé du jour.

Pour permettre d'apprécier l'activité de la surveillance du service des mines, nous rapprochons dans le tableau suivant le personnel protégé visité de celui admis comme existant d'après les statistiques que l'on vient de résumer:

DÉSIGNATION			PERSONNEL existant	PERSONNEL visité	P. 100 en 1897	P. 100 en 1896
Mines			24.112	23.973	99.4	99.6
Minières	souterraines		36	36	100.0	100.0
Minières	à ciel ouvert		86	61	70.9	79.2
Carrières	à ciel ouvert	continues	1.555	1.468	94.4	94.0
Carrières	à ciel ouvert	temporaires	279	151	54.1	53.0
Carrières	souterraines	continues	3.333	2.224	66.7	64.0
Carrières	souterraines	temporaires	1.938	572	30.1	20.0
Total			31.339	28.485	90.9	90.0
Total en 1896			30.594	27.514	90.0	»

Dans son ensemble, ce tableau indique un progrès dans l'activité de la surveillance. Toutes les exploitations importantes ont

été visitées, voire même plusieurs fois dans l'année. Mais ce n'est guère que dans une période de deux ou trois ans que le service peut visiter ces exploitations de carrières, de durée si éphémère, disséminées sur toute l'étendue du territoire.

Age des enfants. — Embauchage. — Sous l'empire des causes ci-dessus indiquées, l'embauchage des jeunes enfants, notamment pour le travail du fond, a augmenté. Dans le Nord, on a fait descendre au fond les enfants qu'habituellement on employait aux préparations du jour ; ils y ont été remplacés par des filles. Dans le bassin de Saint-Étienne, on a augmenté la proportion des jeunes gens de 16 à 18 ans par suite de la difficulté de se procurer des adultes qui préféraient travailler aux forges.

Les enfants de 12 à 13 ans avaient tous leurs deux certificats, sauf un enfant étranger qu'à cause de sa nationalité on avait cru à tort pouvoir être occupé sans certificat scolaire.

Pour aucun des enfants de 13 à 16 ans, le service n'a jugé utile de provoquer un examen médical particulier.

Durée et conditions du travail. — Aucune particularité n'est survenue qui mérite d'être spécialement relevée. Tout au plus peut-on citer le développement donné par les houillères de Blanzy au travail à double équipe entre quatre heures du matin et dix heures du soir : 2.000 ouvriers, soit 67 p. 100 du personnel total occupé à l'abatage, travaillent dans ces conditions.

Depuis longtemps l'emploi des femmes dans les travaux souterrains a totalement disparu. Ce n'est que très exceptionnellement qu'une pareille dérogation peut être rencontrée dans quelque infime exploitation, comme cela a été le cas dans une carrière de l'Ariège.

Au cours de l'année, les ingénieurs n'ont accordé aucune des tolérances que la loi autorise en cas de nécessité.

Mais on continue à tolérer dans le Nord la prolongation traditionnelle du travail dans la quinzaine de la Sainte-Barbe (2e quinzaine de novembre), pour autant que la prolongation de la « coupe » n'ait pour effet évident d'exiger des enfants un travail effectif dépassant sensiblement la durée admise par l'article 1er du décret du 3 mai 1893. Dans le cas contraire, pour rester dans les termes de la loi, sinon tout à fait dans son esprit, on recourt au système de l'article 9, paragraphe 3, de la loi du 2 novembre 1892, en faisant desservir une même équipe d'ouvriers par deux rouleurs qui se succèdent de façon à rester dans les conditions légales.

Livrets et registres. — Affichage. — Bien appliquée sur les grandes exploitations, l'observation de la loi, en ce qui concerne ces dispositions, a toujours laissé un peu à désirer dans les petites entreprises. Néanmoins on constate à cet égard de réels progrès en 1897. Pour hâter la stricte application de la loi, l'administration s'efforce, par l'intermédiaire des préfets, de presser sur les maires pour la délivrance des livrets ; et elle fait remettre les registres par les ingénieurs des mines qui en ont été réapprovisionnés à cet effet.

Accidents. — Pour remédier aux difficultés résultant du conflit des dispositions réglementaires relatives aux déclarations d'accidents en matière de mines, minières et carrières, et pour arriver à un relevé exact et complet de tous ces accidents, quelles que fussent leurs conséquences, l'administration des travaux publics et celle du commerce et de l'industrie se sont entendues pour condenser et préciser les règles à suivre désormais, dans une circulaire commune du 9 décembre 1897. Cette circulaire n'avait pu produire tout son effet pour 1897. Ces prescriptions devront, d'ailleurs, être modifiées, à raison de la loi du 9 avril 1898 sur la responsabilité des accidents.

Contraventions et pénalités. — A raison de la bonne volonté évidente apportée généralement par les exploitants à se conformer aux dispositions de la loi, les ingénieurs ont continué à ne faire constater par procès-verbaux que les infractions qu'aucune circonstance ne pouvait faire excuser. Il a été ainsi dressé cinq procès-verbaux, dont trois pour absence de livrets et registres, un pour défaut d'avis d'accident et un pour travail de nuit. Ils ont tous été suivis de condamnations.

Observations générales. — On peut admettre, comme nous le disions dès l'année dernière, que la loi du 2 novembre 1892 est appliquée dans l'industrie extractive, prise dans son ensemble, aussi complètement que le permettent les conditions mêmes de cette industrie.

Le président,
Richard Waddington.

Le rapporteur pour les mines,
L. Aguillon.

RAPPORT

DE LA

COMMISSION DE STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE ET DES APPAREILS A VAPEUR

AU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Monsieur le Ministre,

La Commission (*) a l'honneur de vous présenter, à la suite de l'examen auquel elle a procédé, la *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année* 1897.

Les trente-cinq tableaux qui la composent essentiellement ont été dressés d'après les renseignements recueillis par les ingénieurs des mines, dans le courant de 1898. Ils concernent les mines, les salines, les minières, tourbières et carrières, les usines métallurgiques de gros œuvre, les appareils à vapeur. La distribution et la consommation des combustibles minéraux, les résultats financiers des entreprises de mines, les recherches exécutées en vue de découvrir de nouveaux gisements miniers, les accidents survenus dans les diverses exploitations minérales et ceux des appareils à vapeur y trouvent place. Les principales données de ces statistiques, que viennent compléter les chiffres des importations et des exportations, empruntés aux publications de la Douane, sont énumérées dans un *Exposé* détaillé où de nombreux diagrammes mettent en lumière les résultats obtenus pendant les précédentes années.

A cet ensemble s'ajoutent des tableaux synoptiques indiquant

(*) La Commission est composée de MM. Lorieux, inspecteur général des mines, *Président;* Keller, inspecteur général des mines, *Secrétaire;* Michelot, chef de la Division des mines; Zeiller, ingénieur en chef des mines; Sol, chef du 2e bureau de la Division des mines, *Secrétaire-adjoint.*

la production minérale et métallurgique des principaux pays du globe.

Voici dix-neuf ans que la *Statistique de l'industrie minérale*, autrefois publiée à intervalles irréguliers, paraît annuellement et fournit cette importante collection de documents qui sont établis d'une façon méthodique et qui permettent de constater le degré d'activité des différentes branches de notre industrie dont les ingénieurs des mines sont officiellement appelés à s'occuper.

Les chiffres concernant l'année 1897 accusent un développement notable de notre production minérale et métallurgique. Les progrès importants qui ont été réalisés en 1896 ont été suivis, d'une manière générale, de nouveaux pas en avant à la fois dans les mines et dans les usines. Voici les résultats les plus saillants à divers points de vue.

La production de nos houillères a été de 30.337.000 tonnes, y compris 1.628.000 tonnes d'anthracite; en outre, les mines de lignite ont fourni 461.000 tonnes de ce dernier combustible.

Le montant de l'extraction totale des combustibles minéraux bruts, triés ou lavés, c'est-à-dire propres à la consommation, s'est ainsi élevé à 30.798.000 tonnes, dont la valeur sur place a été évaluée à 334 millions. L'augmentation par rapport à l'année précédente n'a pas atteint moins de 1.608.000 tonnes, soit 5,5 p. 100. L'accroissement de valeur correspondant (17.539.000 francs) a été également de 5,5 p. 100.

Presque tous nos bassins houillers ont contribué à cet essor, et en première ligne celui du Nord et du Pas-de-Calais dont la production, montant à 18.331.000 tonnes, s'est accrue de 1.258.000 tonnes, soit 7,4 p. 100. Le groupe des bassins de la Loire, qui vient ensuite comme importance, avec une production de 3.750.000 tonnes, accuse une augmentation de 172.000 tonnes, dont le taux est sensiblement moindre, mais s'élève cependant à 4,8 p. 100. On constate aussi un surcroît d'activité principalement dans les bassins du Tarn et de l'Aveyron, de l'Auvergne, de la Bourgogne et du Nivernais.

On a exploité 287 concessions de combustibles minéraux, qui sont réparties dans 39 départements; et le montant des redevances fixées en conformité de la loi du 21 avril 1810 s'est élevé à tout près de 2 millions (1.995.423 francs).

Notre consommation de charbon s'est accrue de 1.846.000 tonnes, c'est-à-dire de 238.000 de plus que l'extraction. Elle a atteint 41.841.000 tonnes.

Ainsi notre production n'atteint pas tout à fait les trois quarts de notre consommation, et le déficit est comblé par les importations anglaises, belges et allemandes.

Les premières prennent de plus en plus sur nos marchés une place prédominante par rapport aux charbons d'autres provenances. Toutefois le montant annuel des charbons importés n'a pas sensiblement augmenté pendant sept ans; il était, en effet, de 11.603.000 tonnes en 1890 et n'excédait pas 11.594.000 en 1896, mais il a passé à 11.975.000 tonnes en 1897. Il est bon de remarquer que ces différents chiffres sont calculés en remplaçant le poids du coke importé par celui de la houille qui lui a donné naissance, et qu'ils sont conséquemment un peu supérieurs au tonnage effectif. En 1897, l'importation s'est composée de 9.674.000 tonnes de houille et de 1.534.000 tonnes de coke. En même temps l'exportation de nos propres combustibles, qui se dirigent principalement sur la Belgique et sur la Suisse, a augmenté dans une certaine proportion; elle ne forme cependant que 3,3 p. 100 du montant de l'extraction de nos mines de combustible. Le total pour 1897 a été de 1.021.000 tonnes, y compris 67.000 tonnes de coke comptées pour 100.000 tonnes de houille. L'augmentation de la consommation est due, pour plus de moitié (980.000 tonnes), au surcroît d'activité des usines métallurgiques, des exploitations minérales et des chemins de fer. On doit attribuer le surplus à diverses industries où l'on fait usage de foyers et au développement continu de l'emploi de la vapeur.

Si nous nous reportons à trente ans en arrière, à 1868, nous constatons que la consommation a doublé dans cette période. L'extraction a suivi une marche un peu plus rapide; elle a doublé en vingt-six ans et demi.

Quant au prix du charbon, il a subi bien des fluctuations. La valeur moyenne de la tonne a finalement diminué, depuis vingt ans, de 2 fr. 61 sur les lieux d'extraction et de 3 fr. 44 sur ceux de consommation. En 1897, cette valeur est ressortie à 10 fr. 85 sur le carreau des mines et à 19 fr. 08 dans les centres de consommation.

Pendant la même année, le personnel des houillères et des mines de lignite comprenait 143.400 ouvriers, sur lesquels 101.700 travaillaient souterrainement.

Par rapport à l'année précédente, il s'était accru de 3.200 individus, pour faire face à l'augmentation de la production. Le nombre des journées de travail a été de 41.319.000, et le montant des salaires de 171.198.000 francs. Le salaire quotidien correspon-

dant ressort, par suite, à 4 fr. 14 pour 1897, et il est supérieur de 4 centimes à celui de 1896.

Les grèves ont présenté un peu moins d'importance que l'année antérieure. Elles ont entraîné toutefois 91.500 journées de chômage, et la réduction correspondante de l'extraction peut être évaluée à environ 60.000 tonnes de charbon ; 2.500 ouvriers ont pris part à la grève principale qui s'est produite dans les mines de la Grand'Combe.

On a vu que la production houillère de la France s'est élevée à 30.798.000 tonnes en 1897, contre 29.190.000 en 1896. Celle des autres pays a également augmenté, comme le montrent les chiffres suivants :

	PRODUCTION HOUILLÈRE en 1896.	PRODUCTION HOUILLÈRE en 1897.
Angleterre...........	198.487.000 tonnes.	205.364 000 tonnes.
États-Unis...........	169.193.000 —	181.624.000 —
Allemagne...........	112.438.000 —	120.431.000 —
Belgique.............	21.252.000 —	21.492.000 —

C'est en Allemagne et aux États-Unis que l'accroissement a été le plus considérable.

En dehors des combustibles minéraux proprement dits, auxquels viennent s'ajouter 98.000 tonnes de tourbe représentant 1.269.000 francs, ce sont les minerais de fer qui constituent la principale richesse minérale de la France. On a extrait, tant des minières que des mines, 4.582.000 tonnes valant 15 millions. L'augmentation a été de 520.000 tonnes et fait suite à celle de 382.000 tonnes obtenue l'année précédente. La cause en est dans le développement considérable de la production de la fonte et de l'acier, surtout dans le département de Meurthe-et-Moselle où les minerais de fer hydroxydé oolithique se rencontrent en abondance. Ce département n'a pas fourni moins de 3.804.000 tonnes de minerais en 1897.

Les autres minerais métallifères, ceux de zinc, de plomb argentifère, de cuivre, de manganèse, d'antimoine, ont donné lieu à une extraction de 147.000 tonnes, d'une valeur globale de 10.689.000 francs.

D'un autre côté, les pyrites de fer, qui sont employées, comme on sait, à fabriquer l'acide sulfurique, ont donné un peu plus de 303.000 tonnes, valant 3.763.000 francs.

L'extraction de tous ces minerais a augmenté, à l'exception de celle de sulfure d'antimoine, d'ailleurs peu importante ; et l'excé-

dent de valeur correspondant donne un total de 1.562.000 francs.

L'extraction des substances bitumineuses et celle des marnes imprégnées de soufre, dont on fait usage pour le traitement de la vigne, ont aussi progressé dans une certaine mesure.

On constate, d'autre part, en Algérie, où ne se rencontrent ni houille, ni tourbe, une sensible augmentation de la production des minerais de fer et de ceux de zinc.

L'exploitation des mines de sel gemme et des sources salées, dont le siège principal se trouve en Meurthe-et-Moselle, continue à être fort importante. En y comprenant les quantités de sel tenues en dissolution dans les eaux saturées extraites des puits, au moyen de pompes, pour servir à la fabrication de la soude, la production de 1897 s'élève à 607.000 tonnes contre 557.000 en 1896.

Celle des marais salants qu'il convient de citer, puisqu'elle complète la précédente, est descendue de 485.000 à 340.000 tonnes, en nombres ronds, par suite des conditions défavorables de la saison d'été.

La valeur de l'ensemble des substances minérales concédées ou non concédées, dont il vient d'être question et qui ont été extraites en France et en Algérie au cours de l'année 1897, est ressortie à 383.164.000 francs. Elle ne s'était élevée qu'à 362.413.000 francs pendant le précédent exercice. L'excédent dépasse 20 millions de francs. Ce résultat très favorable est principalement dû, comme on pouvait s'y attendre, au progrès de l'extraction houillère.

— Pour terminer ce sujet, il convient de dire quelques mots de la production des carrières. Ces exploitations, au nombre de 39.000, ont employé 130.000 ouvriers, dont environ moitié d'une façon temporaire, il est vrai. Les matériaux qu'on en extrait sont divisés dans la statistique en cinq groupes rationnels, suivant qu'ils servent à la construction, à l'industrie, à l'agriculture, à l'empierrement, y compris le ballastage des voies ferrées et le pavage, enfin à l'ornement ou à des usages spéciaux divers. Leur production totale pendant l'année 1897 représente environ 42 millions de tonnes, dont la valeur sur place a été évaluée à 216 millions.

Les phosphates de chaux, qui présentent tant d'intérêt pour l'agriculture, entrent dans le total pour 535.000 tonnes valant sur place plus de 14 millions. On a, en outre, tiré des carrières de l'Algérie 228.000 tonnes de cette précieuse substance, représentant une valeur de 4 à 5 millions.

— L'exploitation des mines, minières et carrières sur une si grande échelle, ne peut avoir lieu sans qu'on ait des accidents à déplorer, principalement à la suite d'éboulements. Le nombre des morts a été de 329 en diminution de 17 par rapport à l'année précédente. Il n'y a eu aucun accident prenant les proportions d'une catastrophe, et presque tous ceux qui se sont produits ont été individuels, c'est-à-dire n'ont fait qu'une seule victime; 69 ont occasionné la mort ou des blessures à plusieurs ouvriers à la fois, et dans aucun cas le nombre des victimes n'a dépassé 5. Le grisou, ce fléau si redoutable des mines de charbon, a causé la mort de 10 ouvriers seulement, sur lesquels 4 étaient occupés dans un puits de recherche et ne sauraient être comptés parmi les victimes de l'exploitation des concessions de mine.

La proportion des ouvriers tués n'a pas dépassé 10,7 par 10.000 ouvriers employés dans les mines de combustible, tandis qu'elle s'est élevée, pour un effectif identique, à 20,6 dans les autres mines et à 22,4 dans les carrières souterraines.

Il résulte de ces chiffres (confirmés par ceux des années précédentes) que les risques de mort sont moindres dans nos houillères que dans nos autres exploitations souterraines, contrairement à l'opinion généralement reçue.

— Des sociétés de secours pour les ouvriers et employés des mines sont organisées obligatoirement depuis le 1er juillet 1895, en vertu de la loi du 29 juin 1894, modifiée par celle du 19 décembre suivant.

La *Statistique de l'industrie minérale* contenait déjà, l'année dernière, les résultats principaux de leur fonctionnement en 1896.

En 1897, on a compté 190 sociétés, qui ont réuni 158.770 participants, parmi lesquels figurent, en dehors des employés, un certain nombre d'ouvriers des industries considérées comme annexes des mines.

La grande majorité du personnel minier bénéficie actuellement de l'assistance mutuelle; quelques milliers de mineurs seulement en sont privés soit par suite d'abstention volontaire, soit parce que le petit nombre des ouvriers de l'exploitation n'a pas permis la constitution d'une société de secours. Les statuts de toutes les sociétés prévoient, conformément à la loi, l'allocation d'une indemnité journalière en cas de maladie; toutefois les conditions dans lesquelles cette indemnité est accordée sont variables; notamment le temps pendant lequel elle est servie varie de trois à six mois. En moyenne, le nombre des journées de

maladie indemnisées a été de 13,6 par malade et de 9 3/4 par sociétaire.

Les recettes réalisées dans l'année forment un total de 5.146.830 francs, dont environ 60 p. 100 sont constitués par les retenues sur les salaires, 30 p. 100 par les versements des exploitants, 6 p. 100 par le produit des amendes, et le reste par les recettes diverses.

Les dépenses comprennent, d'une façon plus ou moins complète suivant les sociétés, outre les indemnités statutaires allouées aux participants malades, des frais de médecins et de médicaments, des frais funéraires, des versements à la Caisse nationale des retraites (dont la loi a fixé le montant à 5 p. 100 de l'indemnité de maladie), des secours aux familles, aux infirmes, etc. Elles se sont élevées à la somme totale de 4.677.279 francs. L'exercice s'est donc soldé par un excédent de recettes de 467.551 francs. En y joignant celui de 1896, on trouve que la réserve des sociétés de secours s'élevait à 1.757.214 francs, au 31 décembre 1897. Les Conseils d'administration ont donc géré les intérêts qui leur étaient commis avec un soin et une prudence dignes de tous éloges.

— La seconde partie de la statistique est consacrée aux usines métallurgiques. Celles dans lesquelles on fabrique la fonte, le fer ou l'acier sont de beaucoup les plus importantes. Leur production se résume comme il suit :

1° 2.484.200 tonnes de fontes brutes d'affinage, de moulage et de fontes moulées en première fusion, valant 145.600.000 francs;

2° 784.000 tonnes de fers marchands ou spéciaux, y compris les tôles de fer valant 127.900.000 francs ;

3° 974.900 tonnes d'aciers ouvrés de toutes sortes valant 226.400.000 francs.

Si l'on y joint 584.500 tonnes de fontes moulées en deuxième fusion, obtenues dans les fonderies, et dont la valeur est de 122 millions, on arrive à un total général de 4.847.000 tonnes représentant une valeur globale de 621.900.000 francs.

Par rapport à l'année précédente, il y a des augmentations de 144.000 tonnes, soit de 6,2 p. 100, et de 13.367.000 francs, soit 10,1 p. 100 pour les fontes brutes ou moulées en première fusion ; de 26.000 tonnes (4,6 p. 100) et de 3.700.000 francs (3 p. 100) pour les fontes moulées en deuxième fusion; de 78.000 tonnes (8,5 p. 100) et de 17 millions (8,2 p. 100) pour les aciers ouvrés.

Quant aux fers, ils ont subi une diminution de 45.000 tonnes.

Cependant la valeur des produits a haussé d'un million, en raison de l'élévation des prix de vente.

L'augmentatiou totale de valeur dépasse donc 35 millions. L'année a été très prospère, comme on le voit, pour les usines sidérurgiques. L'activité a été grande, surtout dans les aciéries; son progrès a été moindre pourtant que pendant l'exercice précédent où la production des aciers ouvrés s'était accrue de 28 p. 100 et avait dépassé pour la première fois celle des fers.

Cette production se décompose, pour l'année 1897, en 569.000 tonnes d'aciers marchands ou spéciaux, 234.000 tonnes de tôles et 191.900 tonnes de rails. Tous ces produits ont été obtenus par la fusion de la fonte, soit dans les foyers Bessemer (557.700 tonnes), soit dans les fours Martin (415.200 tonnes), à l'exception de 22.000 tonnes qui ont été obtenues par les anciens procédés du puddlage, de la forge, de la cémentation, de la fusion au creuset ou par le réchauffage de vieil acier.

La production des lingots bruts d'acier fondu a d'ailleurs été plus considérable encore. Elle a eu lieu dans 48 aciéries réparties dans 22 départements et comprenant 37 foyers Bessemer et 75 fours Martin en activité, et ne s'est pas élevée à moins de 1.325.000 tonnes. Les départements qui ont coopéré à cette fabrication dans la plus large mesure sont ceux de Meurthe-et-Moselle, du Nord et de Saône-et-Loire. Le premier d'entre eux, qui avait produit environ 420.000 tonnes de lingots en 1896, en a fabriqué 477.000 en 1897, c'est-à-dire plus du tiers du total général.

La consommation des fers et des aciers ouvrés réunis s'est élevée à 1.638.000 tonnes, à peu près comme l'année précédente.

Mais celle des fers, qui entre dans ce chiffre pour 768.000 tonnes, a diminué de 65.000 tonnes; les aciers ont pris la place des articles similaires en fer.

Si l'on jette un coup d'œil sur le tableau du commerce extérieur des produits sidérurgiques en 1897, tableau qui a été dressé au moyen des chiffres publiés par l'Administration générale des douanes, on constate un excédent des exportations sur les importations de 81.000 tonnes pour les fers et de 60.000 pour les aciers de toute sorte. L'exportation des fontes ouvrées n'a pas laissé d'être importante. Elle a présenté un excédent de 51.000 tonnes ; mais celui des importations de fontes brutes, provenant en majeure partie d'Angleterre, a ramené à 10.000 tonnes environ l'excédent final des exportations sur les importations. Ces résultats sont favorables.

Ce n'est pas en France seulement que l'activité des usines a été en progressant.

En effet, comme le montrent les statistiques étrangères, et pour ne parler que des hauts-fourneaux, l'Angleterre a produit 8.937.000 tonnes de fonte en 1897 contre 8.798.000 l'année précédente; l'Allemagne 6.007.000, contre 5.486.000 ; la Belgique, 1.035.000 contre 959.000. Quant aux États-Unis, dont la production de fonte demeurait un peu inférieure à celle de l'Angleterre en 1896, elle s'est élevée à 9.807.000 tonnes, l'année suivante, arrivant par un bond énorme en toute première ligne.

— A côté des forges et des aciéries, les usines métallurgiques de gros œuvre dans lesquelles on a produit directement en France de l'or, de l'argent, du plomb, du zinc, du cuivre, du nickel, de l'aluminium, de l'antimoine, en traitant soit des minerais indigènes, soit des minerais expédiés de l'étranger, ont une importance restreinte. Cependant leur production représente, dans l'ensemble, une valeur supérieure à 43 millions et demi, non compris les produits des élaborations secondaires. La plus-value représente 3 millions par rapport à 1896 et atteint 6 millions et demi par comparaison avec les résultats de l'année 1895. C'est le zinc qui forme la majeure partie de cette production; on en a fabriqué 38.000 tonnes, soit 2.500 de plus que l'année précédente.

L'augmentation a été générale et s'est étendue à tous les métaux dont on vient de donner la liste.

— La statistique des appareils à vapeur, qui sont surveillés par les ingénieurs des mines, prend naturellement place à côté de celle des industries minérales et métallurgiques. On y passe successivement en revue les chaudières, les récipients et les machines à vapeur affectés :

1° Aux établissements industriels ou agricoles ;

2° A l'exploitation des chemins de fer ;

3° A la marine marchande, maritime ou fluviale.

Dans chacune de ces trois divisions, des accroissements ont été réalisés pendant l'année 1897. Ils ont consisté en 2.359 chaudières, 773 récipients, 1.743 machines; le nombre des chevaux-vapeur a augmenté de près de 170.000. Le nombre des chaudières dans les établissements industriels, agricoles et divers, s'est élevé à 83.821, celui des locomotives des chemins de fer et tramways à 11.419, non compris 95 locomotives sans foyers. En y ajoutant les chaudières des bateaux marchands (4.023) et celles des appareils

accessoires de l'industrie des transports sur terre, on obtient un total général de 101.884 chaudières ayant été en activité.

Il y a eu également en activité 30.053 récipients de vapeur; et la puissance motrice des machines est ressortie à plus de 6.450.000 chevaux-vapeur.

Si l'on compare les accroissements précédemment énumérés avec ceux que présentait l'année 1896 par rapport à l'exercice antérieur, on est amené à conclure que le progrès de l'activité industrielle de la France ne s'est pas ralenti en 1897.

On a compté 24.069 épreuves réglementaires exécutées dans l'année au moyen de la pompe hydraulique sur les chaudières et sur les récipients. Un nombre aussi élevé n'avait pas encore été atteint.

— La Commission centrale des appareils à vapeur dresse annuellement un état détaillé des accidents survenus à la suite de l'emploi de ces appareils. Il en résulte que 22 accidents ont entraîné la mort de 26 personnes et occasionné à 26 autres des blessures ayant eu pour conséquence plus de 20 jours d'incapacité de travail. On a constaté, en outre, 23 accidents n'ayant causé que des blessures très légères ou même simplement des dégâts matériels.

On ne compte qu'un accident de plus, mais une augmentation de 10 tués par rapport à 1896. Cette augmentation est due à des explosions de récipients; ces dernières ont fait 29 victimes, dont 15 ont succombé. Habituellement l'emploi de ces appareils offre peu de danger et, l'année précédente, il n'y avait eu, de ce chef, qu'un ouvrier tué et 3 blessés.

Les causes des accidents se répartissent en nombre égal dans les trois catégories suivantes : conditions défectueuses d'établissement des appareils, conditions défectueuses de leur entretien, mauvais emploi des appareils (principalement surchauffe par manque d'eau).

Sur les chemins de fer, il n'est arrivé que deux accidents de locomotives, qui ont consisté l'un et l'autre simplement dans la rupture d'un tube et n'ont pas eu de conséquences graves.

D'une façon générale, en se basant sur des moyennes quinquennales, on constate une amélioration continue dans l'emploi des appareils à vapeur, sous le rapport de la sécurité, surtout si l'on a égard à leur nombre et à leur puissance, qui vont toujours en croissant.

Tels sont, Monsieur le Ministre, les résultats principaux et les plus caractéristiques de la *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur* pour l'année 1897. Ils dénotent, dans leur ensemble, une situation satisfaisante.

Cette appréciation est d'ailleurs confirmée par les renseignements sommaires qui concernent le premier semestre de 1898 et qui ont été publiés au *Journal officiel* le 30 septembre dernier. Ils accusent, en effet, il convient de le rappeler, par comparaison avec le premier semestre de 1897, une augmentation de 774.000 tonnes (5 1/4 p. 100) pour la production des combustibles minéraux, de 46.000 tonnes (3 3/4 p. 100) pour les fontes, et de 88.000 tonnes (18 1/2 p. 100) pour les aciers ouvrés.

La Commission vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de ses sentiments les plus dévoués et les plus respectueux.

Paris, le 23 décembre 1898.

L'Inspecteur général des mines,
Secrétaire de la Commission,
O. KELLER.

L'Inspecteur général des mines,
Président de la Commission,
E. LORIEUX.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

NOMINATIONS.

Décret du 27 *décembre* 1898. — Les Élèves-Ingénieurs des mines déclarés hors de concours (*), dont les noms suivent, ont été nommés Ingénieurs ordinaires de 3e classe, pour prendre rang à dater du 1er janvier 1899:

MM. **Glasser,**
Solente,
Anglès-Dauriac,
Leprince-Ringuet,
Potiron de Boisfleury.

DÉCORATIONS.

Décret du 30 *décembre* 1898. — Sont promus ou nommés dans l'Ordre national de la Légion d'Honneur:

Au grade de Commandeur :

M. **Orsel,** Inspecteur général de 1re classe en retraite ;

Au grade d'Officier:

M. **Duporcq,** Ingénieur en chef de 2e classe.

AVANCEMENT.

Arrêté du 27 *décembre* 1898. — Le traitement de M. **Zeiller,** Ingénieur en chef de 1re classe, est porté de 7.000 à 8.000 francs.

(*) Arrêté du 26 novembre 1898.

DÉCISIONS DIVERSES.

Décision du 3 *décembre* 1898. — M. **Nivoit,** Inspecteur général de 2e classe, est désigné pour faire partie du Conseil de l'École nationale supérieure des Mines, en remplacement de M. **Orsel,** admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 27 *décembre*. — M. **Linder,** Inspecteur général de 1re classe, est maintenu dans les fonctions de vice-président du Conseil général des Mines pendant l'année 1899.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Dans sa séance du 19 décembre 1898, l'Académie des Sciences a décerné :

1° Le prix Laplace à M. **Mérigeault,** Élève-Ingénieur des Mines, sorti le premier de l'École Polytechnique;

2° Le prix Rivot à MM. **Mérigeault** et **Defline,** Élèves-Ingénieurs des Mines, entrés les deux premiers à l'École nationale supérieure des Mines.

II. — Contrôleurs des mines.

RETRAITE.

Date d'admission.

M. **Chalot** (François), Contrôleur principal, — Haute-Saône, service du sous-arrondissement minéralogique de Vesoul et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Est...... 1er janv. 1899.

Il est d'ailleurs maintenu en activité jusqu'à la liquidation de sa pension.

DÉCISIONS DIVERSES.

5 *décembre* 1898. — M. **Peyronnet,** Contrôleur de 1re classe attaché, dans le département de la Seine, aux services du Con-

trôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest et du Contrôle des tramways du département de la Seine, cesse d'être attaché à ce dernier service.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Décision du 26 décembre 1898. — Le service du Contrôle de l'exploitation de la ligne de Pamiers à Limoux (section comprise entre Pamiers et Mirepoix) est rattaché, savoir:

1° Pour le Contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 2e arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées à Toulouse ;

2° Pour le Contrôle de l'exploitation technique :

Au 2e arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Mines à Toulouse ;

3° Pour le Contrôle de l'exploitation commerciale :

A la 2e circonscription d'Inspecteur particulier à Toulouse;

4° Pour la surveillance administrative :

Au Commissariat de Foix.

Décision du 31 décembre. — Le service du Contrôle de l'exploitation de la section de la ligne de Bayonne à Saint-Jean-Pied-de-Port, comprise entre Ossés et Saint-Jean-Pied-de-Port (réseau du Midi), a été rattaché, savoir :

1° Pour le Contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 1er arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées à Bordeaux;

2° Pour le Contrôle de l'exploitation technique :

Au 1er arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Mines à Bordeaux;

3° Pour le Contrôle de l'exploitation commerciale :

A la 1re circonscription d'Inspecteur particulier à Bordeaux;

4° Pour la surveillance administrative :

Au commissariat de Bayonne.

CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE.

Arrêté du 27 décembre 1898. — Sont nommés membres de la Commission spéciale de la Carte géologique détaillée de la France, en remplacement de MM. **Daubrée, Castel** et **Villot** :

MM. **de Lapparent,** ancien Ingénieur au corps des Mines, membre de l'Académie des Sciences (Section de Géologie);
Delafond, Inspecteur général des Mines;
Douvillé, Ingénieur en Chef des Mines.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME VII.

Lois.

Décrets du Président de la République.

Arrêtés ministériels.

Circulaires ministérielles.

Décisions du Conseil d'État au contentieux.

Arrêts de la Cour de cassation.

Arrêts de Cour d'appel.

Jugements de tribunaux.

Objets divers.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

Personnel. — Objets divers.

ERRATA.

Page 402 (Circulaire du 27 juillet 1898), 15e ligne:
Au lieu de : Ce système est en effet suffisant.....
Lire : Il en est de même de.....

Page 416. — Déclaration d'intérêt public des sources minérales « Parot », « Fontfort no 2 » et « Puits-Saint-Georges » (Loire) :
Au lieu de : décret du 9 août 1897 ;
Lire : décret du 9 août 1898.

g. 1 à 4. A

re

de la Ch

Fig. 3.

(Calo

9. Acci

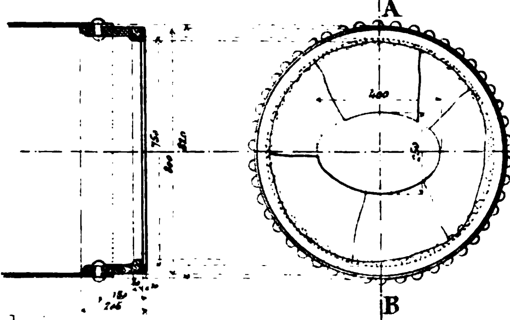
Détail

. Vue de

zontale

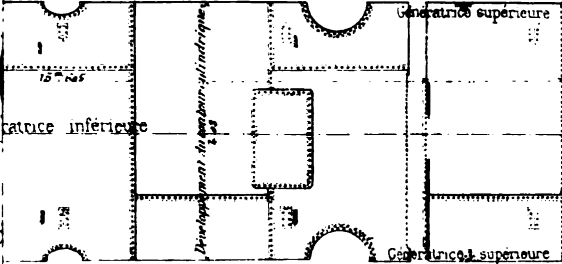
e fermé

Fig. 13. Bouchon en fonte situé à la partie arrière du réchauffeur

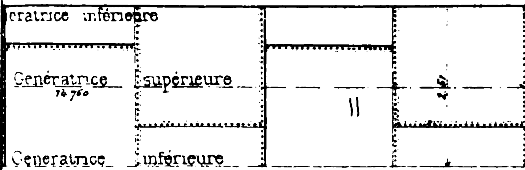


ès l'explosion

e du corps cylindrique développé



ure du réchauffeur développé



4 à 17. Explosion de récipient (6 Avril 1897)

oquis du récipient endommagé (2e récipient.)

Fig. 16.

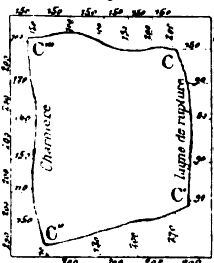
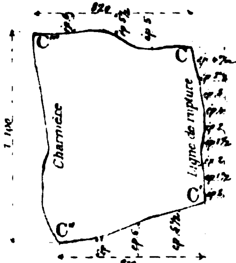


Fig. 17.



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



ıble d
de gauche
la génératrice inférieure
de la 3e virole
nblage
osion

Fig. 4 à 7. Explosion de récipient dans une brasserie à Paris 13 Avril 1897

Fig. 4. Coupe MN

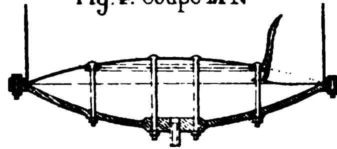
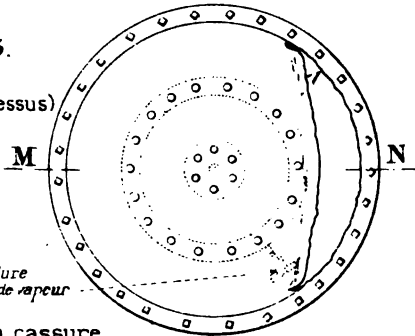
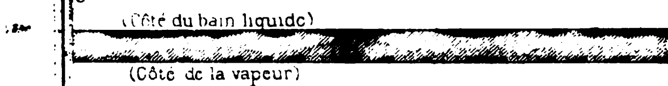


Fig. 5. Plan (Vue en-dessus)



g. 7. Détail de la cassure

(Côté du bain liquide)



(Côté de la vapeur)

. Cylindre sécheur isolé (17 Juin 1897)

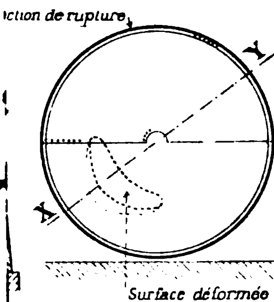
Fig 17. Plan du fond avant et après l'explosion

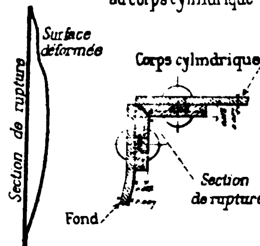
Fig 18. Coupe XY du fond après l'explosion

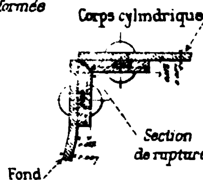
Fig. 19. Coupe de la cornière reliant le fond au corps cylindrique

1.

du les



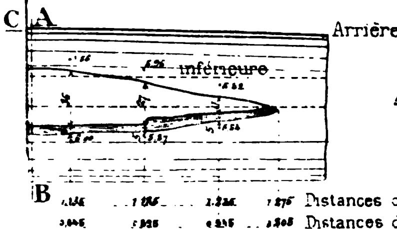


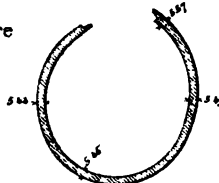


chaudière Belleville (14 Juillet 1897)

20.

Fig. 21. Coupe suivant AB





e Série

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Fig. 11 à 16. Explosion d'une locomobile-batteuse
8 Août 1897

...11. Coupe du foyer
...l'enveloppe du foyer

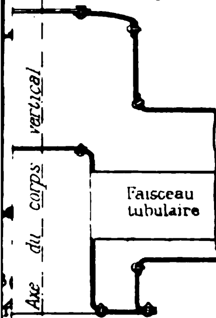


Fig. 13



Fig. 14.



Fig. 15.

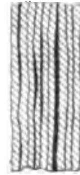


Fig. 12.
...e supérieure du cadre
...orps vertical
...nveloppe du foyer est
...ar la partie hachurée

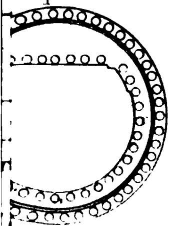


Fig. 16.
Développement de l'enveloppe du foyer et cassures
Vue extérieure

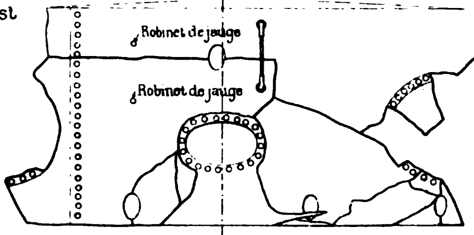


Fig. 22 et 23. Explosion d'une locomobile à Boos.
29 Août 1897

Fig. 22. Développement du ciel du foyer

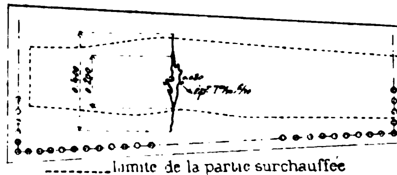
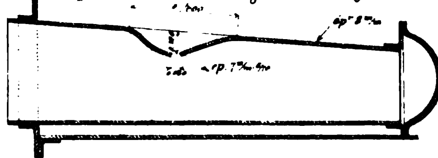


Fig 23. Coupe horizontale
(représente l'emboutissage du ciel du foyer)



...sons

...ière de la
... composée
...s d'un mètre

...chirée

...éresse que
...ole

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

osi
30
g1
al

si Mathot
30 1897,

1

Fig. 11. Disposition de l'indicateur de niveau à tube

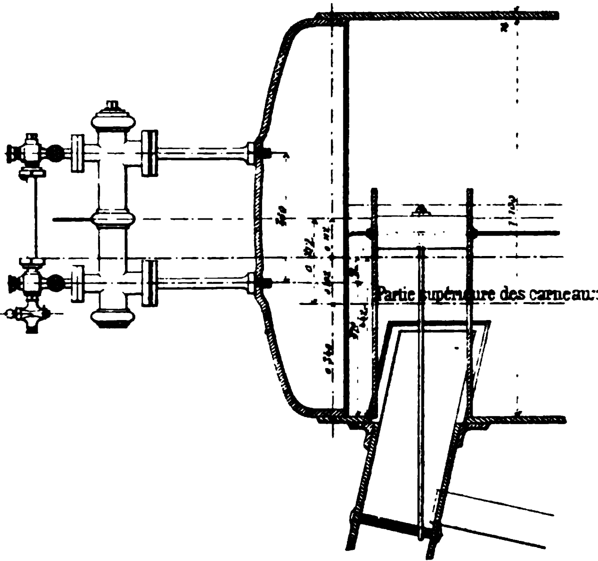


Fig. 12 et 13. Explosion du 26 Novembre 1897

Fig. 12. Coupe

Fig. 13. Détail de l'assemblage du fond

Fond qui a cédé suivant la ligne de rivure intérieure

Soudure

14. Rupture d'un bouilleur réchauffeur le 26 Décembre 1897

Coupe

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Novembre.

Décembre.

EXPLICATION DES PLANCHES.

DÉCEMBRE.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

L'Éditeur-Gérant : Vve DUNOD.